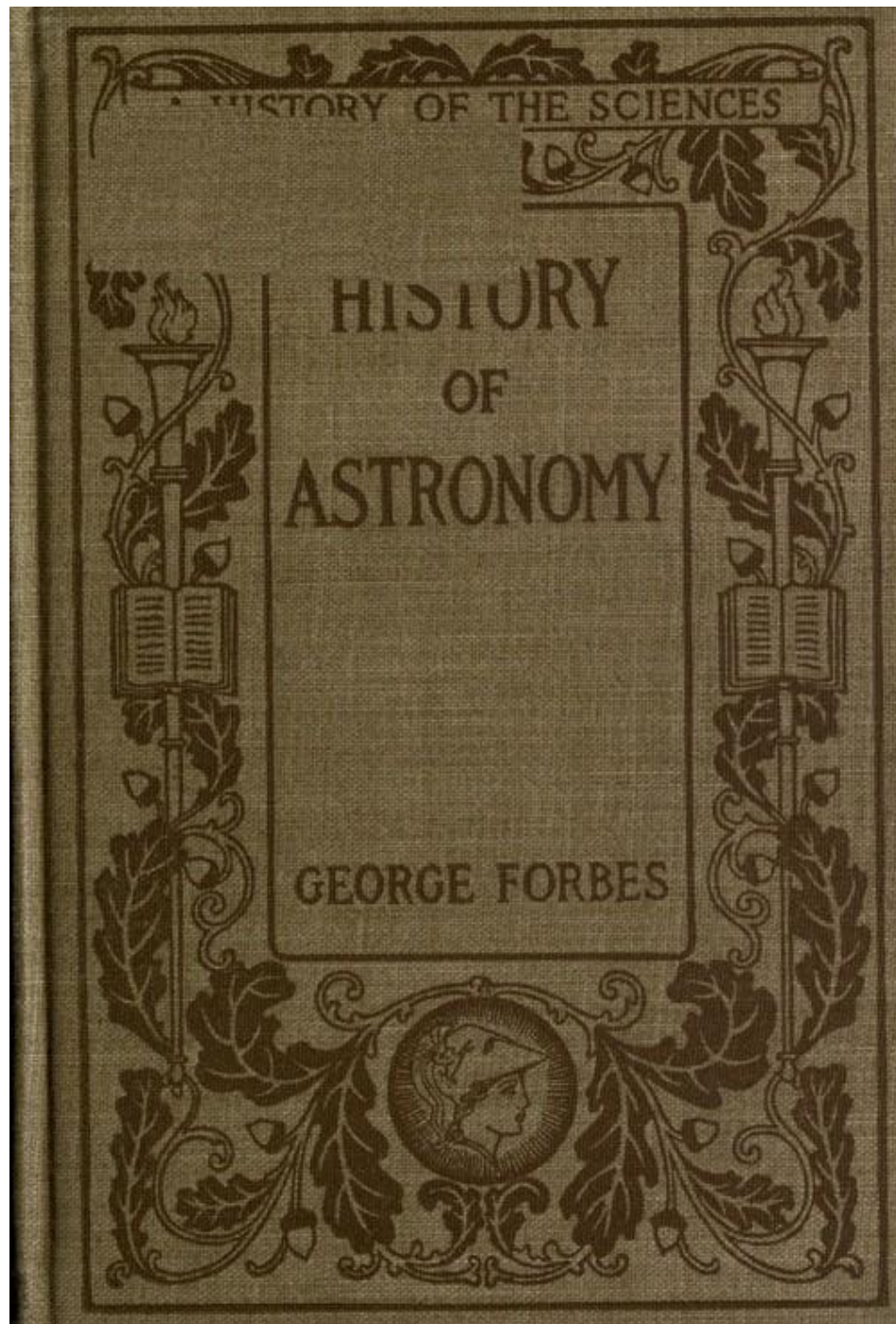


История астрономии

Джордж Форбс



Электронная книга проекта "Гутенберг" по истории астрономии

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: История астрономии

Автор: Джордж Форбс

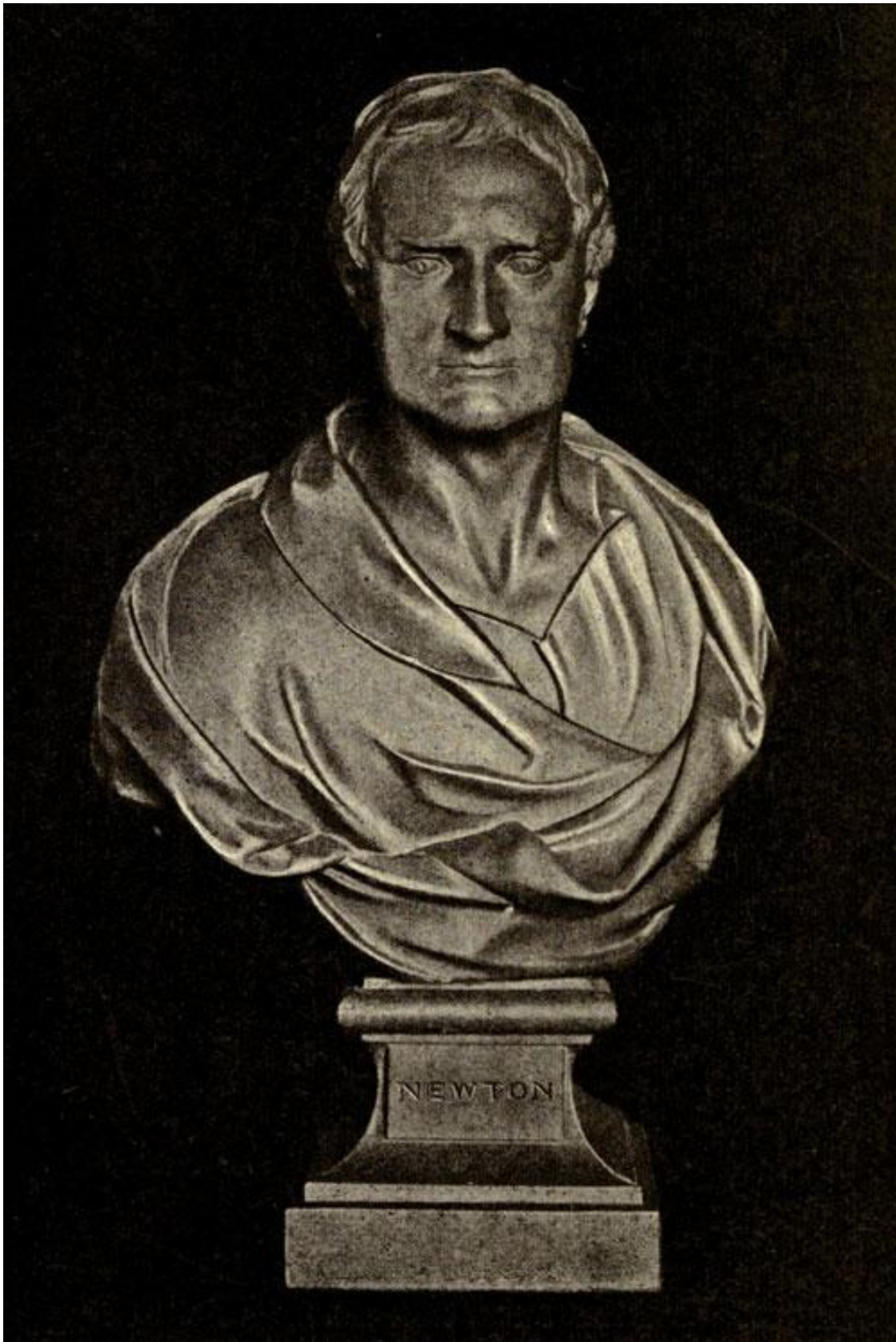
Дата выхода: 1 мая 2005 г. [Электронная книга № 8172]

Последнее обновление: 21 марта 2020 г.

Язык: Английский

Титры: Продюсерами выступили Джонатан Ингрэм, Дэйв Мэддок, Чарльз Фрэнкс и команда онлайн-редакторов.

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ" ***



СЭР ИСААК НЬЮТОН
(С бюста Рубильяка В Тринити-колледже, Кембридж.)

ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ

АВТОР ДЖОРДЖ ФОРБС,
магистр, Ф.Р.С., М. INST. С. Е.,

(БЫВШИЙ ПРОФЕССОР НАТУРФИЛОСОФИИ КОЛЛЕДЖА АНДЕРСОНА в ГЛАЗГО)

АВТОР КНИГ “ПРОХОЖДЕНИЕ ВЕНЕРЫ”, “ТЕОРИЯ ЛЕДНИКОВ САВОЙИ” РЕНДУ И Т.Д. И Т.П.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ

КНИГА I. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

1. ПЕРВОБЫТНАЯ АСТРОНОМИЯ И АСТРОЛОГИЯ
2. ДРЕВНЯЯ АСТРОНОМИЯ —КИТАЙЦЫ И ХАЛДЕИ
3. ДРЕВНЕГРЕЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ
4. ПРАВЛЕНИЕ ЭПИЦИКЛОВ — ОТ ПТОЛЕМЕЯ ДО КОПЕРНИКА

КНИГА II. ДИНАМИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

5. ОТКРЫТИЕ ИСТИННОЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ —ТИХО БРАГЕ—КЕПЛЕР
6. ГАЛИЛЕЙ И ТЕЛЕСКОП —ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХОРРОКСА О ГРАВИТАЦИИ И Т.Д.
7. СЭР ИСААК НЬЮТОН—ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ
8. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА — ГАЛЛЕЙ, ЭЙЛЕР, ЛАГРАНЖ, ЛАПЛАС И ДР.
9. ОТКРЫТИЕ НОВЫХ ПЛАНЕТ — ГЕРШЕЛЬ, ПИАЦЦИ, АДАМС И ЛЕВЕРЬЕ

КНИГА III. НАБЛЮДЕНИЕ

10. ВЫСОКОТОЧНЫЕ ПРИБОРЫ—РАЗМЕРЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
11. ИСТОРИЯ ТЕЛЕСКОПА—СПЕКТРОСКОПА

КНИГА IV. ФИЗИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

12. СОЛНЦЕ
13. ЛУНА И ПЛАНЕТЫ
14. КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ
- 15.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На этих страницах была предпринята попытка проследить эволюцию интеллектуальной мысли в ходе астрономических открытий и, признавая различные точки зрения разных эпох, воздать должное даже древним. Никто не может ожидать, что в истории астрономии ограниченного объема можно найти трактат по “практической” или “теоретической астрономии”, или полную “описательную астрономию”, и уж тем более книгу по “спекулятивной астрономии”. Однако что-то из каждого из них существенно для отслеживания прогресса мысли и знания, описание которого является целью этой Истории.

Прогресс человеческих знаний измеряется не только накоплением фактов, но и возросшей привычкой рассматривать факты с новых точек зрения. Умственные способности одного возраста, по-видимому, не отличаются от умственных способностей других возрастов; но именно воображение новых точек зрения придает этим способностям более широкий размах. И это кумулятивно, а значит, прогрессивно. Аристотель рассматривал солнечную систему как геометрическую проблему; Кеплер и Ньютон превратили эту точку зрения в динамическую. Умственные способности Аристотеля понимать значение фактов или критиковать ход рассуждений, возможно, были равны умственным способностям Кеплера или Ньютона, но точка зрения была иной.

Затем, опять же, новые точки зрения появляются благодаря изобретению новых методов в той системе логики, которую мы называем математикой. Все, что может сделать математика, - это заверить нас, что утверждение А эквивалентно утверждениям В, С, D или является одним из фактов, выраженных утверждениями В, С, D; так что мы можем знать, что если В, С и D истинны, то и А истинно. Для многих людей наша неспособность понять все, что содержится в утверждениях В, С и D, без громоздкого процесса математической демонстрации доказывает слабость человеческого разума как логической машины. Ибо требовалась новая точка зрения, представленная анализом Ньютона, чтобы люди могли увидеть, что в том, что касается орбит планет, три закона Кеплера (В, С, D) идентичны закону всемирного тяготения Ньютона (А). Никто так хорошо, как астроном-математик, не осознает слабость человеческого интеллекта, и никто так хорошо не осознает ограниченность логического процесса, называемого математикой, который даже сейчас не решил напрямую проблему только трех тел.

Эти размышления, возникшие при написании этой Истории, объясняют неизменную скромность великих математических астрономов. Сравнение Ньютоном самого себя с ребенком на морском берегу применимо ко всем ним. По мере того, как каждое новое открытие открывает, возможно, бескрайние океаны для исследований, для удивления и восхищения, великие астрономы, отказываясь принимать простые гипотезы за истину, основали на этих открытиях науку, столь же точную в ее наблюдении фактов, как и в теориях. Вот почему эти люди,

создавшие самую надежную из всех наук, отказываются приглашать других присоединиться к ним в тщетных спекуляциях. Таким образом, автор в этой короткой истории попытался последовать примеру великого мастера Эйри, учеником которого он был и ключом к характеру которого была аккуратность; и он признает, что наука бессильна за исключением своей собственной ограниченной сферы.

Пришлось сократить многие разделы Истории в попытке — возможно, безнадежной — рассказать читателю на ограниченном пространстве достаточно о каждой эпохе, чтобы проиллюстрировать ее тон и дух, идеалы трудящихся, постепенное появление новых точек зрения и новых средств исследования.

Действительно, было бы приятно тешить себя надеждой, что эти страницы смогут пробудить у новобранцев интерес к величайшей из всех наук или что те, кто изучал теоретическую или практическую сторону, смогут вдохновиться чтением в оригинале некоторых классических произведений астрономии. Многие студенты испытывают большое сострадание к сегодняшнему школьнику, которому не позволена роскошь учиться искусству рассуждения у того, кто все еще остается его величайшим представителем, - Евклида. Эти студенты сожалеют также о человеке завтрашнего дня, которому не будет позволено прочитать в латинском оригинале гениального Кеплера, как он смог — путем наблюдений, сделанных с движущейся платформы, земли, направлений движущегося объекта, Марса — определить точную форму траектории каждой из этих планет и их действительное положение на этих траекториях в любое время. Шедевр Кеплера - одна из самых интересных книг, когда-либо написанных, сочетающая в себе остроумие, воображение, изобретательность и уверенность.

Наконец, следует отметить, что, как История Англии не может касаться нынешнего парламента, так и незавершенные исследования и непроверенные гипотезы многих известных астрономов современности не могут быть включены в список записей Истории астрономии. Автор выражает сожаление по поводу возникающей таким образом необходимости оставить без упоминания имена многих, кто сейчас творит историю астрономических работ.

Г. Ф.

1август1909 года.

КНИГА I. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

1. ПЕРВОБЫТНАЯ АСТРОНОМИЯ И АСТРОЛОГИЯ.

Рост интеллекта в человеческой расе имеет аналог в развитии отдельного человека, особенно на самых ранних стадиях. Интеллектуальная активность и развитие способностей к рассуждению в обоих случаях основаны на накоплении опыта, а также на сравнении, классификации, упорядочивании и номенклатуре этого опыта. В период зарождения каждого из них можно наблюдать за развитием событий, но не может быть никаких*априорных* предвидений. Один только опыт в обоих случаях приводит к идее причины и следствия как принципа, который, по-видимому, доминирует в нашей нынешней вселенной, как правила для предсказания хода событий и как руководства к выбору курса действий. Эта идея причины и

следствия является наиболее мощным фактором в развитии истории человечества как отдельной личности.

Ни в одной области природы принцип причины и следствия не является более заметным, чем в астрономии; и у нас вошло в привычку думать, что его законы не только неизменны в нашей вселенной, но и необходимы для представления о любой вселенной, которая могла бы быть заменена на его место. Первые обитатели мира были вынуждены приспосабливать свои действия к ежедневной и ежегодной смене света и тьмы, жары и холода, а также к нерегулярным изменениям погоды, приступам болезней и удаче войны. Вскоре они стали рассматривать влияние солнца в связи со светом и теплом как причину. Это привело к поиску других знаков на небесах. Если бы появление кометы иногда отмечалось одновременно со смертью великого правителя или затмение сопровождалось нашествием чумы, их вполне можно было бы рассматривать как причины в том же смысле, в каком изменение направления ветра рассматривается как причина хорошей или ненастной погоды.

По этим причинам мы обнаруживаем, что серьезные люди всех эпох регистрировали появление комет, затмений, новых звезд, метеоритных дождей и замечательных сочетаний планет, а также эпидемии и голод, наводнения и засухи, войны и смерти великих правителей. Иногда им казалось, что они могут проследить связи, которые могли бы навести их на мысль, что комета предвещает голод или войну во время затмения.

Даже если этих людей иногда подводили к разработке законов причины и следствия, которые сейчас кажутся нам абсурдными, давайте будем терпимы и с благодарностью признаем, что эти астрологи, предлагая такие “рабочие гипотезы”, закладывали основы наблюдения и дедукции.

Если древние халдеи придавали планетарным соединениям влияние на земные события, давайте вспомним, что в наше время люди искали связь между земными условиями и периодами необычной распространенности солнечных пятен; в то время как Де ла Рю, Лоуи и Бальфур Стюарт^[1] думали, что нашли связь между проявлениями солнечных пятен и положением планет. Таким образом, мы находим ученых, даже в наше время ответственных за веру в то, что штормы в Индийском океане, плодородие немецких виноградников, голод в Индии и разливы Нила в Египте зависят от положения планет.

И, опять же, желание предсказывать погоду настолько похвально, что мы не можем винить древних греков за то, что они предсказывали влияние луны с такой уверенностью, с какой это подтверждается в *Солдатской записной книжке лорда Уолсли*.

Даже если научный дух наблюдения и дедукции (астрономия) иногда приводил к ошибочным системам прогнозирования земных событий (астрология), мы обязаны как астроному, так и астрологу древности выразить глубочайшую благодарность за их усердие в регистрации астрономических событий. Ибо из скудных записей, уцелевших после разрушительных действий пожаров и наводнений, совершенных монархами и толпами, мы нашли многое, что помогло получить более полное представление о небесных движениях, чем это было возможно без этих записей.

Таким образом, Гиппарх около 150 г. до н. э. и Птолемей немного позже смогли использовать наблюдения халдейских астрологов, а также александрийских астрономов и сделать некоторые открытия, которые способствовали прогрессу астрономии во все века. Точно так же м-р Коуэлл^[2] исследовал отметки, сделанные на обожженных кирпичах, использовавшихся халдеями для

записи затмений 1062 и 762 годов до н.э.; и, таким образом, за последние несколько лет получил возможность скорректировать лунные таблицы Хансена и найти более точное значение векового ускорения долготы Луны и узла ее орбиты, чем любое другое, которое могло быть получено из современных наблюдений, сделанных с помощью инструментов высочайшей точности.

Итак, мистеру Хинду^[3] удалось проследить период, в течение которого комета Галлея была членом солнечной системы, и идентифицировать ее в китайских наблюдениях за кометами еще в 12 году до н.э. Коуэлл и Кромеллин расширили дату до 240 года до н.э. Таким же образом комета 1861.i. была прослежена в китайских записях до 617 года н.э.^[4]

Теоретические взгляды, основанные на великом законе всемирного тяготения Ньютона, привели к выводу, что наклон экватора Земли к плоскости ее орбиты (наклон эклиптики) медленно уменьшался с доисторических времен; и этот факт был подтвержден египетскими и китайскими наблюдениями за длиной тени вертикального столба, сделанными за тысячи лет до христианской эры, летом и зимой.

Есть и другие причины, по которым мы должны быть терпимы к грубым представлениям древних. Историк, желающий воздать должное везде, где это возможно, сталкивается с двумя трудностями. Во-первых, сохранилось лишь несколько записей по очень древней астрономии, и подлинность многих из них вызывает сомнения. Во-вторых, очень трудно отказаться от имеющихся знаний и оценить оригинальность мысли, необходимую для того, чтобы сделать первые шаги.

Что касается первого пункта, то мы обычно зависим от историй, написанных спустя долгое время после этих событий. Астрономия египтян, вавилонян и ассирийцев известна нам в основном через греческих историков, а для получения информации о китайцах мы полагаемся на исследования путешественников и миссионеров сравнительно недавнего времени. К счастью, свидетельства греческих авторов подтвердились, и теперь у нас есть вдобавок масса фактов, переведенных с оригинальных скульптур, папирусов и кирпичей с надписями, датированных тысячелетиями.

Пытаясь оценить усилия новичков, мы должны помнить, что было естественно смотреть на землю (как это делали все первые астрономы) как на круглую плоскость, окруженную и ограниченную небом, которое представляло собой сплошной свод, или полусферу, обращенную вогнутостью вниз. Звезды, казалось, были прикованы к этому своду; было видно, как Луна, а позже и планеты, ползут по нему. Было большим шагом вперед рассматривать свод как полую сферу, на которой также находится солнце. Должно быть, трудно было поверить, что в полдень звезды сияют на голубом небе так же ярко, как ночью. Должно быть, было трудно объяснить, как солнце, зашедшее на западе, могло незаметно вернуться и взойти на востоке, если это всегда было одно и то же солнце. Это был большой шаг вперед - предположить, что земля сферическая, и приписать суточные движения ее вращению. Вероятно, величайшим шагом, когда-либо сделанным в астрономической теории, было размещение солнца, луны и планет на разных расстояниях от земли вместо того, чтобы размещать их на небесном своде. Это был переход от “флатландии” к пространству трех измерений.

Большой прогресс был достигнут, когда начались систематические наблюдения, такие как отслеживание движения луны и планет среди звезд и предполагаемое движение солнца среди звезд путем наблюдения их *гелиакических восходов*- то есть времен года, когда впервые можно было увидеть восход звезды на восходе солнца и когда в последний раз ее можно было увидеть восходящей на закате. Группировка звезд в созвездия и запись их расположения были полезным наблюдением. Теоретическое предсказание затмений солнца и Луны, а также движения планет среди звезд позже стало высшей целью астрономии.

Ни к одному из вышеперечисленных важных этапов в развитии астрономии мы не можем с уверенностью отнести автора. Вероятно, многие из них были независимо сделаны китайскими, индийскими, персидскими, татарскими, египетскими, вавилонскими, ассирийскими, финикийскими и греческими астрономами. И у нас нет ни крупицы информации об открытиях, которые, возможно, были великими, сделанных другими народами — например, друидами, мексиканцами и перуанцами.

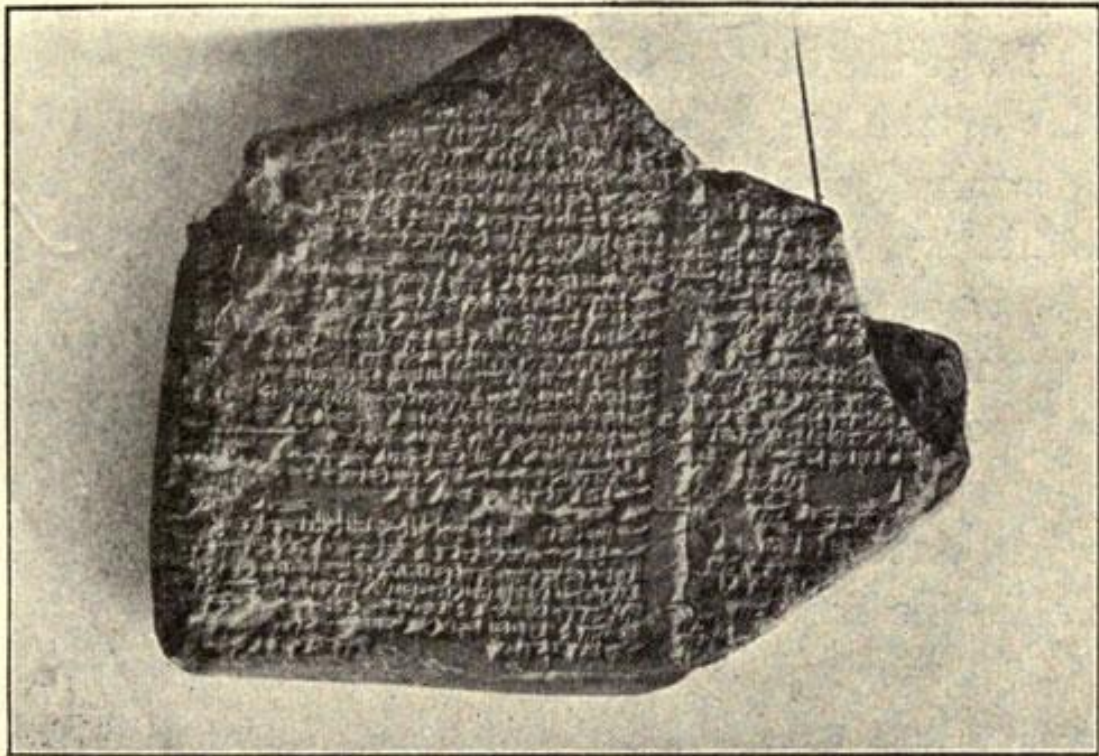
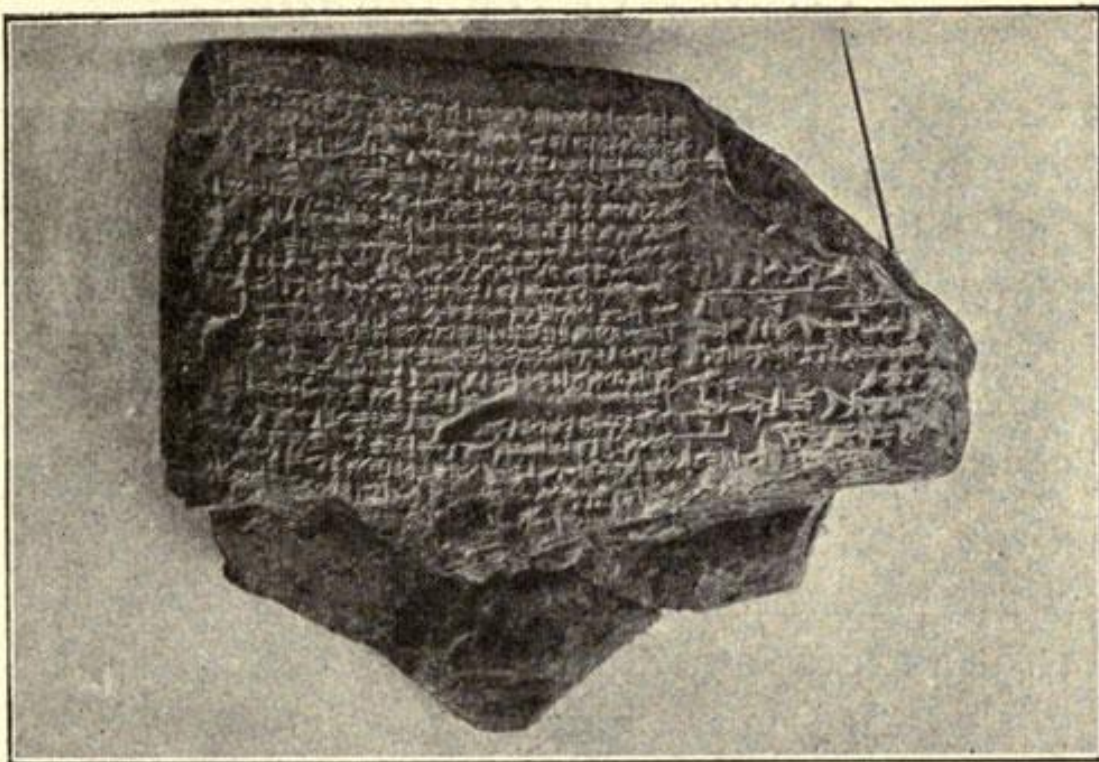
Мы точно знаем, что всем народам необходимо иметь календарь. Солнечный год, лунный месяц и сутки были единицами измерения, и именно из-за их несоизмеримости мы находим так много календарей, предложенных и использовавшихся в разное время. Единственная цель, которой можно достичь, сравнивая хронологии древних рас, - это установить фактические даты зарегистрированных наблюдений, а это не является частью истории астрономии.

В заключение давайте вспомним ограниченную точку зрения древних, когда попытаемся оценить их заслуги. Давайте вспомним, что первая астрономия была двумерной; вторая астрономия была трехмерной, но все еще чисто геометрической. Со времен Кеплера у нас была динамическая астрономия.

СНОСКИ:

[1] Пер. R. S. E., xxiii. 1864, стр. 499, *О солнечных пятнах, и т. Д.*, Б. Стюарт. Также пер. R. S. 1860-70. Также проф. Эрнест Браун, в *Ежемесячных уведомлениях R. A. S.*, 1900.

[2] *Ежемесячные уведомления R. A. S.*, Sup.; 1905.



ХАЛДЕЙСКИЙ ОБОЖЖЕННЫЙ КИРПИЧ ИЛИ ТАБЛИЧКА,
лицевая и оборотная стороны,

Содержащая запись солнечного затмения 1062 г. до н.э., недавно использованная Коуэллом для придания лунной теории большей точности, чем это было возможно благодаря лучшим современным наблюдениям. (Коллекция Британского музея, № 35908.)

[3] *Ежемесячные уведомления R. A. S.*, том х., стр. 65.

[4] Труды R. S. E., том х., 1880.

2. ДРЕВНЯЯ АСТРОНОМИЯ — КИТАЙЦЫ И ХАЛДЕИ.

В последнем разделе, должно быть, были прояснены трудности, связанные с определением древним народам их надлежащего места в развитии примитивных представлений об астрономии. Тот факт, что некоторые предполагаемые наблюдения относятся к периоду, предшествовавшему изобретению китайцами искусства письма, сразу же наводит на вопрос, насколько можно доверять традиции.

Наши первые подробные сведения были собраны на дальнем Востоке путешественниками и священниками-иезуитами и опубликованы в восемнадцатом веке. Азиатское общество Бенгалии внесло свой вклад в переводы браминской литературы. Два основных источника знаний о китайской астрономии были предоставлены, сначала отцом Сусье, который в 1729 году опубликовал *Астрономические, географические, хронологические и физически* наблюдения, взятые из древних китайских книг; а позже отцом Мойриа-де-Майя, который в 1777-1785 годах опубликовал *"Анналы Китайской империи", переведенные с Тун-Куен-Кан-Моу.*

Байи в своей книге *"Древняя астрономия"* (1781) на основании этих и других источников пришел к выводу, что все, что мы знаем об астрономических знаниях китайцев, индийцев, халдеев, ассирийцев и египтян, является всего лишь остатком гораздо более полной астрономии, от которой невозможно найти никаких следов.

Деламбр в своей *Истории древней астрономии* (1817) высмеивает мнение Байи и считает, что прогресс, достигнутый всеми этими нациями, незначителен.

Теперь будет неплохо дать представление о некоторых еще не полностью дискредитированных областях астрономии древних. В качестве типичных примеров можно привести Китай и Вавилон.

Китай.— Похоже, что Фохи, первый император, правил около 2952 года до нашей эры, и вскоре после этого Ю-Чи изготовил сферу, изображающую движение небесных тел. В книге под названием "Чу-Кинг", предположительно написанной в 2205 году до н.э., также упоминается, что похожая сфера была изготовлена во времена Яо (2357 год до н.э.).^[1] Говорится, что император Чуэни (2513 год до н.э.) видел пять планет в соединении в тот же день, когда были соединены солнце и луна. Это обсуждается отцом Мартином (рукопись Де Лиля); также М. Десвиньо-лем (член-корр. Акад. Берлин, том iii, стр. 193), и М. Киршем (то же самое, том v., стр. 19), которые оба обнаружили, что Марс, Юпитер, Сатурн и Меркурий находились между одиннадцатым и восемнадцатым градусами Рыб, все они были видны вместе вечером 28 февраля 2446 года до н.э., в то время как в тот же день солнце и луна были в соединении в 9

часов утра, и что 1 марта луна была в соединении с другими четырьмя планетами. Но это нуждается в подтверждении.

Яо, упомянутый выше, дал указания своим астрономам определить положения солнцестояний и равноденствий, и они сообщили названия звезд в местах, занимаемых солнцем в эти сезоны, а в 2285 году до н.э. он отдал им дальнейшие распоряжения. Если этот рассказ верен, он показывает знание того, что небесный свод представляет собой законченную сферу и что звезды сияют в полдень, хотя и затмеваются яркостью солнца.

В книге под названием *Чу-Кинг* также утверждается, что во времена Яо в году, как известно, было 365 с половиной дней, и что он принял 365 дней и добавлял добавочный день каждые четыре года (как в Юлианском календаре). Это может быть правдой или нет, но древние китайцы определенно делили окружность на 365 градусов. Чтобы узнать продолжительность года, требовалось только терпеливое наблюдение — характерная черта китайцев; но многие молодые народы попали в ужасную путаницу со своим календарем из-за незнания продолжительности года.

Утверждается, что в 2159 году до н.э. королевским астрономам Хи и Хо не удалось предсказать затмение. Вероятно, это вызвало большой ужас, поскольку они были казнены в наказание за свое пренебрежение. Если этот рассказ верен, это означает, что в двадцать втором веке до нашей эры использовалось какое-то правило для расчета затмений. И здесь, опять же, терпеливое наблюдение легко привело бы к обнаружению восемнадцатилетнего цикла, известного халдеям как *Сарос*. Он состоит из 235 лунных циклов, и за это время полюс орбиты Луны совершает оборот только один раз вокруг полюса эклиптики, и по этой причине затмения в одном цикле повторяются с очень незначительными изменениями в следующем цикле, и так далее в течение многих столетий.

Возможно, пренебрежение Хи и Хо своими обязанностями и их наказание повлияли на китайскую астрономию; или что последующие записи не были доступны более поздним ученым; но факт остается фактом, что, хотя с большими интервалами проводились наблюдения затмений, комет и падающих звезд, положения солнцестояний и наклона эклиптики, записи стали редкими вплоть до 776 года до нашей эры, когда затмения снова начали регистрировать с некоторым приближением к непрерывности. Вскоре после этого были добавлены уведомления о кометах. Био привел их список, а мистер Джон Уильямс в 1871 году опубликовал *Наблюдения комет с 611 г. до н. э. по 1640 г. н. э., извлеченные из китайских летописей*.

Что касается тех веков, о которых у нас нет китайских астрономических записей, справедливо будет заявить, что за несколько столетий до христианской эры, в правление Цинь-Чи-Хоанга, было приказано уничтожить все классические и научные книги, которые удалось найти. Если это правда, то наши потери от этого столь же велики, как и от сожжения александрийской библиотеки халифом Омаром. Он сжег все книги, потому что считал, что они должны быть либо последовательными, либо несовместимыми с Кораном, и в одном случае они были излишними, в другом — нежелательными.

Халдеи.— До последнего полувека историки привыкли оглядываться на греков, которые правили миром с пятого по третий век до нашей эры, как на пионеров искусства, литературы и науки. Но раскопки и исследования более поздних лет позволяют нам с большей готовностью признать, что в науке, как и в искусстве, греки развили только то, что они унаследовали от

египтян, вавилонян и ассирийцев. На самом деле греческие историки говорили именно так, а современные комментаторы обычно объясняли это утверждение излишней скромностью. Однако с тех пор, как были обнаружены архивы библиотек, было признано, что вавилоняне ни в чем не уступали другим расам той же эпохи в оригинальности научных исследований.

Халдеи, будучи древнейшими вавилонянами, занимали такое же положение и достоинство в государстве, как и египетские жрецы, и проводили все свое время в изучении философии и астрономии, а также искусства предсказания и астрологии. Они считали, что мир, о котором мы имеем представление, - это вечный мир без начала и конца, в котором все упорядочено по правилам, поддерживаемым божественным провидением, и что небесные тела движутся не случайно и не по своей собственной воле, а по определенной воле и назначению богов. Они записывали эти передвижения, но главным образом в надежде проследить волю богов в мирских делах. Птолемей (около 130 г. н. э.) использовал вавилонские затмения в восьмом веке до нашей эры для улучшения своих солнечных и лунных таблиц.

В Ниневии сохранились фрагменты библиотеки в Агаде, из которых мы узнаем, что звездные карты уже тогда были разделены на созвездия, которые были известны под названиями, которые они носят по сей день, и что знаки зодиака использовались для определения курсов солнца, луны и пяти планет Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна.

У нас есть записи наблюдений, проведенных под руководством Ашшурбанапала, который посылал астрономов в разные части света для изучения небесных явлений. Вот один из них:—

Руководителю Наблюдений, Мой Господин, его смиренный слуга Набушум-иддин, Великий Астроном Ниневии, пишет так: “Пусть Набу и Мардук будут благосклонны к Руководителю этих Наблюдений, мой Господин. На пятнадцатый день мы наблюдали Лунный Узел, и произошло лунное затмение”.

Предполагается, что финикийцы использовали звезды для навигации, но записей об этом нет. Египетские жрецы пытались сохранить те астрономические знания, которыми они обладали, при себе. Вероятно, у них были произвольные правила предсказания затмений. Все, что было известно грекам о египетской науке, можно найти в трудах Диодора Сицилийского. Но подтверждающие и более достоверные факты были получены в результате более поздних исследований. Таким образом, мы узнаем от Э. Б. Кнобеля^[2] о датах еврейского календаря из записей о продаже земли на арамейских папирусах в Асуане, переведенных профессорами А. Х. Сейсом и А. Э. Коули, (1) что девятнадцатилетний лунный цикл использовался евреями в пятом веке до нашей эры [нынешний реформированный еврейский календарь датируется четвертым веком нашей эры], датой, “немногим более чем через столетие после того, как деды и прадеды тех, чей бизнес зарегистрирован, бежали в Египет с Иеремией” (Сэйс); и (2) что порядок вставки в то время не отличался от того, который используется в настоящее время.

С другой стороны, Кнобель напоминает нам о “интереснейшей находке, сделанной несколько лет назад отцом Штрассмайером, - вавилонской табличке, на которой запечатлено частичное лунное затмение в Вавилоне на седьмом году правления Камбиза, в четырнадцатый день еврейского месяца Таммуз”. Птолемей в “Альмагесте” (“Сунтаксис”) говорит, что это произошло на седьмом году правления Камбиза, в ночь с семнадцатого на восемнадцатое египетского месяца Фаменот. Пингре и Опольцер устанавливают дату 16 июля 533 года до н.э. Таковы соотношения хронологий евреев и египтян, установленные этими исследованиями.

СНОСКИ:

[1] Эти древние даты неопределенны.

[2] *Ежемесячные уведомления* R. A. S., том. lxxviii., № 5, март 1908г.

3. ДРЕВНЕГРЕЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ.

Мы располагаем информацией о самой ранней греческой астрономии от Геродота (родился в 480 году до н.э.). Он изложил эти традиции в письменной форме. Говорят, что Фалес (639-546 до н.э.) предсказал затмение, которое вызвало много тревоги и положило конец битве между мидянами и лидийцами. Эйри установил дату 28 мая 585 года до н.э., но другие современные астрономы дают другие даты. Фалес отправился в Египет изучать науку и узнал от тамошних жрецов продолжительность года (что хранилось в строжайшем секрете!), знаки зодиака и положения солнцестояний. Он считал, что солнце, луна и звезды - это не просто пятна на небесном своде, а твердые тела; что луна черпает свой свет от солнца и что этот факт объясняет ее фазы; что лунное затмение происходит, когда земля отрезает от себя солнечный свет. Он предположил, что земля плоская и плавает по воде. Он определил отношение диаметра Солнца к его орбите и, по-видимому, правильно определил диаметр как половину градуса. Он ничего не оставил в письменном виде.

Его преемники, Анаксимандр (610-547 гг. до н.э.) и Анаксимен (550-475 гг. до н.э.), придерживались абсурдных представлений о солнце, луне и звездах, в то время как Гераклит (540-500 гг. до н.э.) предполагал, что звезды зажигаются каждую ночь, как лампы, а солнце - каждое утро. Парменид предполагал, что земля представляет собой сферу.

Пифагор (569-470 гг. до н.э.) посетил Египет, чтобы изучать науку. Он вывел свою систему, в которой земля вращается по орбите, из фантастических первых принципов, примерами которых являются следующие: "Круговое движение - самое совершенное движение", "Огонь более достоин земли", "Десять - совершенное число". Он ничего не написал, но, как предполагается, сказал, что земля, луна, пять планет и неподвижные звезды вращаются вокруг солнца, которое само вращается вокруг воображаемого центрального огня, называемого Антихтоном. Коперник в шестнадцатом веке провозгласил Пифагора основателем системы, которую он, Коперник, возродил.

Анаксагор (родился в 499 году до н.э.) изучал астрономию в Египте. Он объяснял возвращение солнца на восток каждое утро тем, что ночью оно уходит под плоскую землю. Он считал, что во время солнечного затмения луна скрывает солнце, а во время лунного затмения луна входит в тень земли — оба превосходных мнения. Но он тешил себя абсурдными идеями о вихревом движении небес, подбрасывающем камни в небо, чтобы там воспламениться от огненной тверди и образовать звезды. Он подвергся судебному преследованию за это тревожное мнение и за утверждение, что Луна является обитаемой землей. Его защищал Перикл (432 год до н.э.).

Солон, как и многие другие, занимался реформированием календаря. Первоначально в обычном греческом году было 360 дней — двенадцать месяцев по тридцать дней. Год Солона

составлял 354 дня. Очевидно, что эти ошибочные годы вскоре перенесли бы лето на январь, а зиму - на июль. Чтобы предотвратить это, было принято через регулярные промежутки времени чередовать дни или месяцы. Метон (432 г. до н.э.) ввел реформу, основанную на девятнадцатилетнем цикле. Это не то же самое, что египетский и халдейский цикл затмений, называемый *Саросом*, состоящий из 223 лунных циклов, или немногим более восемнадцати лет. Метонический цикл составляет 235 лунных циклов, или девятнадцать лет, после чего солнце и луна занимают одинаковое положение относительно звезд. Он до сих пор используется для определения даты Пасхи, поскольку число года в цикле Дыни является золотым числом наших молитвенников. Система Мелона разделила 235 лунных периодов на месяцы по тридцать дней и пропустила каждый шестьдесят третий день. Из девятнадцати лет у двенадцати было двенадцать месяцев, а у семи - тринадцать месяцев.

Каллипп (330 г. до н.э.) использовал цикл в четыре раза длиннее, 940 лунных циклов, но на один день меньше семидесяти шести лет Мелона. Это было более правильно.

Говорят, что Евдокс (406-350 гг. до н.э.) путешествовал с Платоном по Египту. Он проводил астрономические наблюдения в Малой Азии, Сицилии и Италии и описал звездное небо, разделенное на созвездия. Его имя связано с планетной теорией, которая, как обычно утверждается, звучит весьма причудливо. Он вообразил, что неподвижные звезды находятся на небесном своде; а солнце, луна и планеты - на подобных сводах или сферах, всего двадцать шесть вращающихся сфер, движение каждой планеты разделено на составляющие, и для каждого составляющего движения назначена отдельная сфера. Каллипп (330 год до н.э.) увеличил это число до тридцати трех. В настоящее время общепризнано, что реальное существование этих сфер не предполагалось, но идея была всего лишь математической концепцией, призванной облегчить составление таблиц для предсказания местоположения небесных тел.

Аристотель (384-322 гг. до н.э.) подвел итог состоянию астрономических знаний своего времени и утверждал, что земля находится в центре мира.

Никита, Гераклид и Экфант предполагали, что земля вращается вокруг своей оси, но не имеет орбитального движения.

Приведенное до сих пор краткое описание иллюстрирует необычные дедуктивные методы, принятые древними греками. Но они пошли гораздо дальше в том же направлении. Похоже, им было очень трудно объяснить, как держится земля, точно так же, как и тем, кто придумал миф об Атласе или индейцах с черепахой. Фалес думал, что плоская земля плавает по воде. Анаксагор думал, что, будучи плоским, он будет подниматься на поверхность и поддерживаться в воздухе, как воздушный змей. Демокрит считал, что она остается неподвижной, подобно ослу между двумя вязанками сена, потому что она находится на равном расстоянии от всех частей содержащей ее сферы, и нет никаких причин, по которым она должна наклоняться в одну сторону, а не в другую. Эмпедокл объяснял его состояние покоя центробежной силой из-за быстрого кругового движения небес, подобно тому как вода остается неподвижной в ведре, когда ее вращают на веревочке. Демокрит далее предположил, что наклон плоской земли к эклиптике обусловлен большей тяжестью южных частей из-за буйной растительности.

Для дальнейших ссылок на подобные усилия воображения читателя отсылают к *"Историческому обзору астрономии древних"* сэра Джорджа Корнуолла Льюиса; Лондон,

1862. Его список авторитетов очень полон, но некоторые из его выводов сомнительны. На стр. 113 этой работы он записывает подлинные мнения Сократа, изложенные Ксенофонтom; и читатель, возможно, посочувствует Сократу в его взглядах на современную астрономию:

Что касается астрономии, он [Сократ] считал знание ее желательным до такой степени, чтобы определять день года или месяца и час ночи ... но что касается изучения движения звезд, изучения планет и выяснения их расстояний от земли, их орбит и причин их движения, он решительно возражал против такой пустой траты драгоценного времени. Он подробно останавливался на противоречиях и противоречивых мнениях философов-физиков ... и, в конце концов, он считал, что спекулянты вселенной и законами небесных тел были не лучше безумцев (*Хен. Мем*, i. 1, 11-15).

Платон (родился в 429 году до н.э.), ученик Сократа, соученик Евклида и последователь Пифагора, изучал науку во время своих путешествий по Египту и другим местам. Все ученые люди относились к нему с таким великим почтением, что проблема, которую он поставил перед астрономами, была лейтмотивом всех астрономических исследований с тех пор и до времен Кеплера в шестнадцатом веке. Он предложил астрономам *задачу представления траекторий планет с помощью круговых и равномерных движений*.

Систематические наблюдения у греков начались с расцветом александрийской школы. Аристилл и Тимохарис настроили приборы и зафиксировали положения зодиакальных звезд, вблизи которых проходят все планеты на своих орбитах, что облегчает определение движения планет. Аристарх (320-250 гг. до н.э.) показал, что солнце должно быть по меньшей мере в девятнадцать раз дальше от Луны, что значительно ниже указанной отметки. Он также правильно установил, что диаметр солнца равен половине градуса. Эратосфен (276-196 гг. до н.э.) измерил наклон к экватору видимого пути солнца на небе, то есть он измерил наклон эклиптики, который составил $23^{\circ} 51'$, подтверждая наши знания о его непрерывном уменьшении в исторические периоды. Он измерил дугу меридиана от Александрии до Сиены (Ассуан) и определил разницу в широте по длине тени в полдень, в день летнего солнцестояния. Он вычислил диаметр земли - 250 000 стадиев. К сожалению, мы не знаем длину стадиона, который он использовал.

Гиппарха (190-120 гг. до н.э.) можно считать основателем наблюдательной астрономии. Он измерил наклон эклиптики и согласился с Эратосфеном. Он изменил продолжительность тропического года с 365 дней 6 часов на 365 дней 5 часов 53 минуты — все равно на четыре минуты больше. Он измерил уравнивание времени и неравномерное движение солнца и учел это в своих расчетах, предположив, что центр, вокруг которого солнце движется равномерно, расположен на небольшом расстоянии от неподвижной земли. Он назвал эту точку *эксцентричной*. Линия от земли до “эксцентрика” была названа *линией апсид*. Окружность с таким центром называлась *эксцентром*, и он предположил, что радиус, проведенный к солнцу от эксцентричной оси, проходит по равным дугам на экванте за равное время. Затем он вычислил таблицы для предсказания положения солнца.

Таким же образом он приступил к вычислению лунных таблиц. Используя халдейские затмения, он смог получить точное значение среднего движения Луны. [Галлей в 1693 году сравнил это значение со своими собственными измерениями и таким образом обнаружил ускорение среднего движения Луны. Это было окончательно установлено, но долгое время не могло быть объяснено ньютоновской теорией.] Он определил плоскость орбиты Луны и ее наклон к

эклиптике. Движение этой плоскости вокруг полюса эклиптики один раз за восемнадцать лет усложнило задачу. Он определил эксцентриситет Луны так же, как ранее определил эксцентриситет Солнца. Он также обнаружил некоторые незначительные нарушения в движении Луны, обусловленные, как доказывает теория Ньютона, возмущающим действием солнечного притяжения.

В 134 году до н.э. Гиппарх наблюдал новую звезду. Это опровергло все представления о постоянстве неподвижных звезд. Затем он приступил к составлению каталога всех главных звезд, чтобы знать, появились ли или исчезли какие-либо другие. Здесь его опыт напоминал опыт нескольких более поздних астрономов, которые, находясь в поисках какого-то особого объекта, были вознаграждены открытием в совершенно другом направлении. Сравнив свое положение звезд с положением Тимохариса и Аристилла, он не обнаружил звезд, которые появлялись или исчезали с интервалом в 150 лет; но он обнаружил, что все звезды, по—видимому, поменяли свои места относительно той точки на небе, где эклиптика находится под углом 90° к полюсам земли, то есть точки равноденствия. Он обнаружил, что это можно объяснить смещением точки равноденствия в направлении видимого суточного движения звезд. Это открытие *прецессии равноденствий*, которая происходит со скоростью $52''.1$ каждый год, было необходимо для прогресса точных астрономических наблюдений. Это происходит из-за постоянного вращения полюса Земли вокруг полюса эклиптики раз в 26 000 лет в направлении, противоположном оборотам планет.

Гиппарх также был изобретателем тригонометрии, как плоской, так и сферической. Он объяснил метод использования затмений для определения долготы.

В связи с великим открытием Гиппарха можно упомянуть, что современные астрономы часто пытались установить даты в истории с помощью эффектов прецессии равноденствий. (1) Примерно в то время, когда, возможно, была построена Великая пирамида, у Дракона находилась недалеко от полюса и, должно быть, использовалась как полярная звезда. На северной стороне Великой пирамиды находится вход в наклонный проход, и шесть из девяти пирамид в Гизе обладают такой же особенностью; все проходы наклонены под углом от 26° до 27° к горизонту и в плоскости меридиана. Также представляется, что 4000 лет назад — то есть около 2100 г. до н.э. — наблюдатель в нижнем конце прохода мог бы увидеть у Дракона, тогдашнюю полярную звезду, в ее нижней кульминации.^[1] Было высказано предположение, что проход был сделан именно с этой целью. По другим причинам Великой пирамиде присвоена дата 2123 г. до н.э.

(2) Халдеи дали названия созвездиям, ныне невидимым из Вавилона, которые были бы видны в 2000 году до н.э., когда, как утверждается, эти люди изучали астрономию.

(3) В "Одиссее" Калипсо приказывает Одиссею, в соответствии с финикийскими правилами плавания по Средиземному морю, держать Большую Медведицу "всегда слева, когда он пересекает пучину", когда плывет от Геркулесовых столпов (Гибралтар) к Корфу. Однако такой курс, выбранный сейчас, привел бы путешественника в Африку. Говорят, что Одиссей во время своего весеннего путешествия видел Плеяды и Арктуры, заходящие поздно, что ранним комментаторам казалось доказательством неточности Гомера. Точно так же Гомер, как в "Одиссее"^[2] (ст. 272-5), так и в "Илиаде" (xviii. 489), утверждает, что Большая Медведица никогда не заходила в этих широтах. Теперь было обнаружено, что прецессия равноденствий объясняет все эти загадки; показывает, что весной на Средиземном море Медведь был прямо

над горизонтом, недалеко от моря, но не касался его, между 750 и 1000 годами до н.э.; и устанавливает дату стихотворений, таким образом подтверждая другие свидетельства и устанавливая характер Гомера в отношении точности.^[3]

(4) Ориентация египетских храмов и камней друидов такова, что, возможно, они были расположены таким образом, чтобы помочь в наблюдении гелиакических восходов^[4] определенных звезд. Если бы звезда была известна, это дало бы приблизительную дату. До настоящего времени результаты этих исследований далеки от окончательных.

Птолемей (130 г. н.э.) написал "Сант Таксис", или "Альмагест", который включает в себя астрономическую энциклопедию, содержащую краткое изложение знаний на тот момент. У нас нет никаких доказательств, кроме его собственного заявления, что он был практическим наблюдателем. Он теоретизировал о движении планет и считал, что Земля неподвижна в центре Вселенной. Он использовал эксцентриситет и эквант Гиппарха, чтобы объяснить неравномерное движение солнца и луны. Он принял эпициклы и деференты, которые использовались Аполлонием и другими для объяснения ретроградного движения планет. Мы, зная, что земля обращается вокруг Солнца один раз в год, можем понять, что видимое движение планеты - это всего лишь ее движение относительно земли. Если, таким образом, мы предположим, что земля неподвижна и солнце обращается вокруг нее один раз в год, а планеты совершают каждый оборот за свой период, то необходимо только наложить на каждую из них дополнительное годовое движение, чтобы мы могли верно представить видимые движения. Такой взгляд на видимые движения показывает, почему каждая планета, находящаяся ближе всего к земле, кажется, что какое-то время движется в ретроградном направлении. Попытки Птолемея и других ученых его времени объяснить обратное движение таким образом были лишь приблизительными. Предположим, что у каждой планеты есть стержень, один конец которого направлен в землю. Если на другом конце стержня повернуть один конец более короткого стержня, на другом конце которого находится планета, то планете придастся годовое движение по вторичному кругу (эпициклу), центр которого вращается вокруг земли по первичному кругу (*обратному*) с одинаковой скоростью вокруг эксцентрика. Птолемей предположил, что центры эпициклов Меркурия и Венеры находятся на перекладине, проходящей через солнце, и между землей и солнцем. Предполагалось, что центры эпициклов Марса, Юпитера и Сатурна находятся дальше, чем солнце. Предполагалось, что Меркурий и Венера совершают оборот по своим эпициклам в свое собственное периодическое время и совершают обратный оборот вокруг земли за год. Предполагалось, что главные планеты обращаются вокруг Земли в обратном направлении со своей периодичностью и по своим эпициклам раз в год.

Птолемею не пришло в голову поместить центры эпициклов Меркурия и Венеры на солнце и распространить ту же систему на главные планеты. Нечто подобное было предложено египтянами (как нам сообщили Цицерон и другие) и было принято Тихо Браге; и это было столь же верным представлением об относительных движениях в солнечной системе, как если бы мы предположили, что солнце неподвижно, а земля вращается.

Громоздкая система, которую отстаивал Птолемей, отвечала своему назначению, позволяя ему приблизительно предсказывать астрономические события. Он значительно улучшил лунную теорию и обнаружил незначительные неравенства, которые можно было бы учесть, добавив новые эпициклы. Мы можем рассматривать эпициклы Аполлония и эксцентрик Гиппарха как реакцию этих астрономов на требование Платона о равномерных круговых движениях. Их

использование становилось все более и более подтвержденным вплоть до семнадцатого века, когда точные наблюдения Тихо Браге позволили Кеплеру отменить эти чисто геометрические импровизации и заменить их системой, в которой солнце физически стало управлять им.

СНОСКИ:

[1] *Phil. Mag.*, vol. xxiv., стр. 481-4.

[2]

Плеядас т'эсоронте кай опсе дуонта боотен
Арктон т' аен кай амаксан эпиклейзин калеусин,
Ае т'ауто стрефетай кай т' Ориона докуэй,
амморос эсти лозэрон Океаною.

“Плеяды и Боэты, которые садятся поздно, и Медведь, которого они также называют Повозкой, который всегда крутится на одном месте и следит за Орионом, и сам по себе не участвует в омовениях океана”.

[3] Смотрите Пирсона в *Camb. Phil. Soc. Proc.*, том iv., часть ii., стр. 93, на основании которого сделаны вышеуказанные заявления.

[4] Определение см. на стр. 6.

4. ЦАРСТВО ЭПИЦИКЛОВ — ОТ ПТОЛЕМЕЯ ДО КОПЕРНИКА.

После того, как Птолемей опубликовал свою книгу, казалось, что солнечной системе больше нечего делать, кроме как продолжать наблюдения и находить все более точные значения для соответствующих констант, а именно периодов обращения, диаметра деферента,^[1] и его отношения к диаметру эпицикла,^[2] расстояние эксцентрика^[3] от центра деферента и положение линии апсид,^[4] помимо наклона и положения деферента, плоскость орбиты планеты. Единственной целью, к которой когда-либо стремились в те дни, было составление таблиц для предсказания расположения планет. Это не было механической проблемой; не существовало понятия управляющего закона сил.

С этого времени казалось, что весь интерес к астрономии, по крайней мере в Европе, пошел на убыль. Когда халиф Омар в середине VII века сжег Александрийскую библиотеку, которая была центром интеллектуального прогресса, этот центр переместился в Багдад, и арабы стали лидерами науки и философии. В астрономии они проводили тщательные наблюдения. В середине девятого века сирийский принц Альбатегний улучшил значение эксцентриситета орбиты солнца, наблюдал за движением апсиды Луны и подумал, что обнаружил меньшее смещение апсиды солнца. Его таблицы были намного точнее, чем у Птолемея. Абул Вефа, по-видимому, в десятом веке обнаружил “изменение” Луны. Между тем мавры были лидерами науки на западе, и Арзакель из Толедо значительно усовершенствовал солнечные таблицы. Улугбек, внук великого Тамерлана Татарины, построил прекрасную обсерваторию в Самарканде в пятнадцатом веке и составил большой каталог звезд, первый со времен Гиппарха.

В конце XV века король Испании Альфонсо использовал компьютеры для составления таблиц Альфонсина (1488 г. н.э.), Пурбах перевел книгу Птолемея, а наблюдения в Германии проводили Мюллер, известный как Региомонтан, и Вальтер.

Николай Коперник, склавец, родился в 1473 году в Торне, в польской Пруссии. Он учился в Кракове и в Италии. Он был священником и поселился во Фрауенберге. Он не проводил непрерывных наблюдений, но посвятил себя упрощению планетных систем и разработке средств для более точного прогнозирования положения солнца, Луны и планет. Он понятия не имел о построении солнечной системы на динамической основе. Его главной целью было повысить точность расчетов и таблиц. Результаты его размышлений были опубликованы незадолго до его смерти в интересной книге "*De Revolutionibus Orbium Celestium*". Только внимательное прочтение этой книги позволит осознать истинное положение Коперника. Он заметил, что Никита и другие приписывали кажущееся суточное вращение небес реальному суточному вращению земли вокруг своей оси в направлении, противоположном кажущемуся движению звезд. Также из трудов Марциана Капеллы он узнал, что египтяне предполагали, что Меркурий и Венера вращаются вокруг солнца и сопровождают его в его ежегодном движении вокруг земли. Он заметил, что то же самое предположение, если распространить его на Марс, Юпитер и Сатурн, легко объяснило бы, почему они, и особенно Марс, кажутся намного ярче в оппозиции. Ибо Марс тогда был бы намного ближе к земле, чем в другое время. Это также объяснило бы обратное движение планет в противофазе.

Здесь мы должны заметить, что на этом этапе Коперник фактически столкнулся с системой, принятой позже Тихо Браге, с неподвижной землей. Но теперь он вспомнил и принял взгляды Пифагора и других, согласно которым солнце неподвижно, а земля вращается; и следует отметить, что геометрически нет никакой разницы между египетской или тихонической системой и системой Пифагора, возрожденной Коперником, за исключением того, что по последней теории звезды должны казаться движущимися, когда земля меняет свое положение — проверка, которая полностью провалилась при доступных тогда грубых средствах наблюдения. Радикальным недостатком всех солнечных систем до времен Кеплера (1609 г. н.э.) было рабское подчинение изречению Платона, требующему равномерного кругового движения планет, и последующей эволюции эпицикла, что было фатально для любой концепции динамической теории.

Коперник не мог порвать с этой отвратительной традицией.^[5] Верно, что ни пифагорейская, ни египто-тихоническая системы не требовали эпициклов для объяснения ретроградного движения, как это делала теория Птолемея. Более того, любая система могла бы использовать эксцентриситет Гиппарха для объяснения нерегулярного движения, известного как уравнение центра. Но Коперник заметил, что он мог бы также использовать эпицикл для этой цели, или что он мог бы использовать как эксцентрический, так и эпицикл для каждой планеты, и таким образом привести теорию в еще большее соответствие с наблюдениями. И он приступил к делу.^[6] Более того, наблюдатели обнаружили нерегулярности в движении Луны, вызванные, как мы теперь знаем, возмущающим притяжением солнца. Чтобы исправить эти неровности, Коперник ввел эпицикл за эпициклом на лунной орбите.

Такова в своих основных чертах система, предложенная Коперником. Но чтобы полностью изложить суть дела, следует обратить внимание на два момента, которые можно найти в его первой и шестой книгах соответственно. Первый момент относится к временам года и

демонстрирует странное незнание законов вращения тел. Используя слова Делаμβра,^[7] чтобы привлечь внимание к странной концепции,

он воображал, что земля, вращаясь вокруг Солнца, должна всегда поворачиваться к нему одним и тем же лицом; противоположные явления удивляли его: чтобы объяснить их, он изобрел третье движение и добавил его к двум реальным движениям (вращению и орбитальному обороту). Благодаря этому третьему движению земля, по его мнению, раз в год совершает оборот вокруг себя и полюсов эклиптики ... Коперник не знал, что движение по прямой - это естественное движение, а движение по кривой - результат нескольких движений. Вместе с Аристотелем он верил, что круговое движение является естественным.

Коперник произвел это вращение земной оси вокруг полюса эклиптики ретроградно (т. е. противоположно орбитальному обороту), и, заставив ее совершать более одного полного оборота в год, при этом добавленная часть составляла $1/26000$ от целого, он смог включить прецессию равноденствий в свое объяснение времен года. Его объяснение времен года приведено на листе 10 его книги (не все страницы этой книги пронумерованы, только чередующиеся страницы или листочки).

В своей шестой книге он обсуждает наклон планетных орбит к эклиптике. В этом отношении теория Коперника уникальна; и лучше всего будет объяснить это словами Гранта в его великой работе.^[8] Он говорит:—

Коперник, как мы уже отмечали, не нападал на принцип эпициклической теории: он просто стремился упростить ее, поместив центр земной орбиты в центр Вселенной. Это была точка, к которой относилось движение планет, поскольку плоскости их орбит были проложены так, чтобы проходить через нее, и их точки наименьшей и наибольшей скоростей также были определены относительно нее. Благодаря такому расположению солнце математически располагалось вблизи центра планетной системы, но, по-видимому, не имело никакой физической связи с планетами как центром их движения.

Согласно шестой книге Коперника, плоскости планетарных орбит не проходят через солнце, а линии апсид не проходят к солнцу.

Такова была теория, выдвинутая Коперником: земля движется по эпициклу, по оси, центр которой находится на небольшом расстоянии от солнца. Планеты движутся аналогичным образом по эпициклам, но их деференты не имеют никакого геометрического или физического отношения к солнцу. Луна движется по эпициклу с центром во втором эпицикле, который сам по себе центрирован относительно Земли. Ось земли вращается вокруг полюса эклиптики, совершая один оборот и двадцатishеститысячную долю оборота за звездный год в направлении, противоположном ее орбитальному движению.

В связи с этой причудливой структурой следует отметить, справедливости ради по отношению к Копернику, что он неоднократно заявляет, что читатель не обязан принимать его систему как показывающую реальные движения; что не имеет значения, верны ли они, даже приблизительно, или нет, пока они позволяют нам вычислять таблицы, по которым можно предсказать расположение планет среди звезд.^[9] Он говорит, что тот, кто не удовлетворен этим объяснением, должен довольствоваться тем, что ему говорят, что “математика для математиков” (*Mathematicis mathematica scribuntur*).

В то же время он снова и снова выражает свою убежденность в том, что земля находится в движении. У него это благочестивая вера, точно так же, как это было у Пифагора и его школы, а также у Аристарха. “Но” (как говорит Дрейер в своей интереснейшей книге *“Тихо Браге”*) “доказательств физической истинности своей системы Коперник не дал и не мог дать” не больше, чем Пифагор или Аристарх.

В его системе не было ничего настолько поразительно простого, чтобы заставить осторожного астронома принять ее, как это было в более поздней системе Кеплера; и отсутствие параллакса у звезд, казалось, осуждало его систему, у которой не было физической основы, чтобы рекомендовать ее, и вообще никакого упрощения по сравнению с египетско-тихонической системой, на которую обратил внимание сам Коперник. Было необходимо посвятить, возможно, излишнее место интересной работе Коперника, поскольку по странной случайности его имя стало так широко известно. О нем говорили очень широко как об основателе солнечной системы, которая сейчас общепринята. Это кажется несправедливым, и, перечитав то, что было написано о нем в разное время, можно заметить, что астрономы — те, кто, очевидно, читал его великую книгу, — очень осторожны в словах, которыми они восхваляют его, и воздерживаются от приписывания ему основания нашей солнечной системы, которое полностью принадлежит Кеплеру. Только наиболее популярные авторы выдвигают идею о том, что произошла революция, когда была возрождена система Пифагора и когда Коперник поддержал свою точку зрения о том, что земля движется, а не неподвижна.

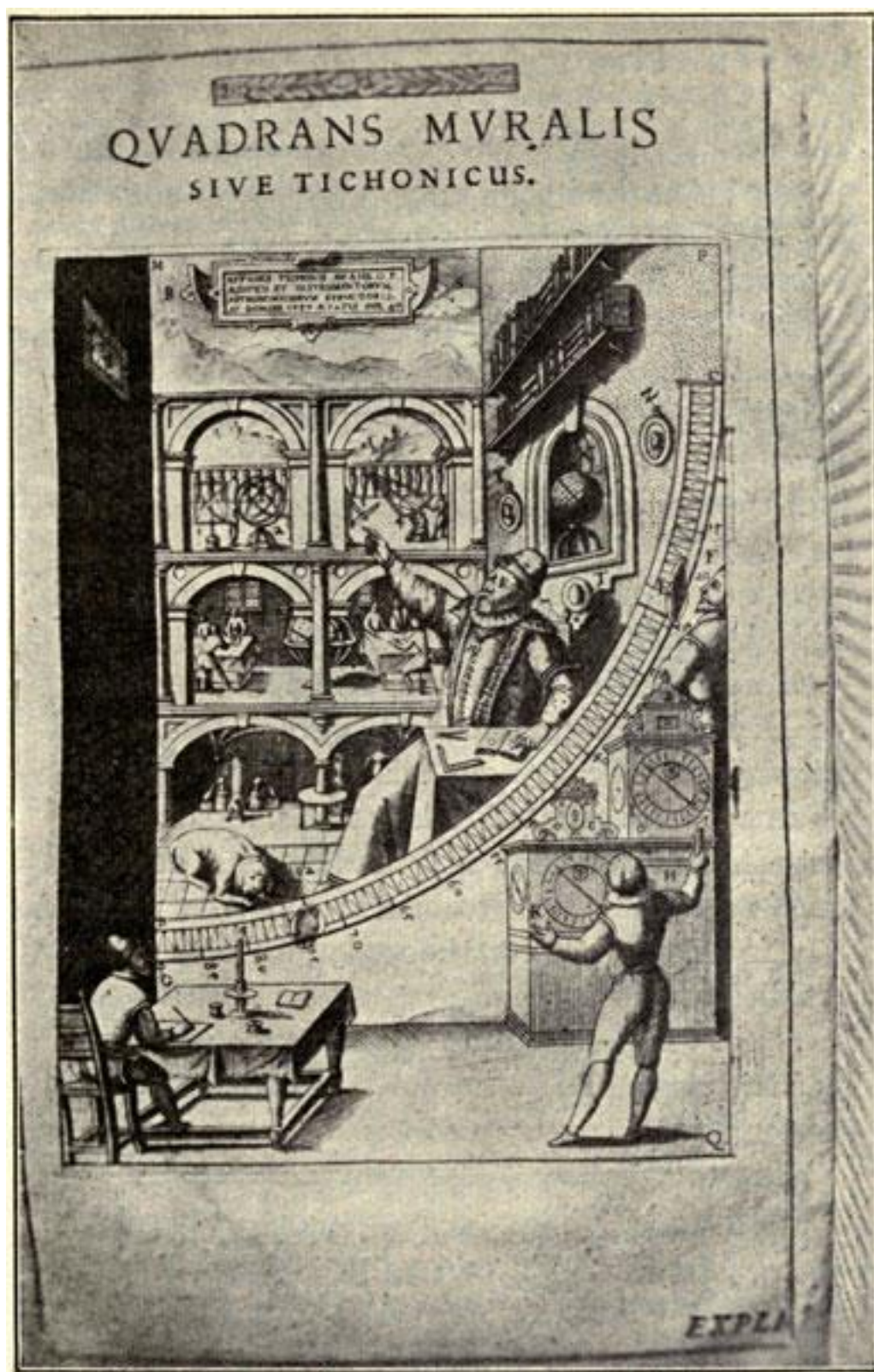
Возможно, будет легко объяснить связь имени Коперника с кеплеровской системой. Но давно прошло то время, когда историк мог каким-либо образом поддержать это популярное заблуждение, начатое не астрономами, знакомыми с работами Кеплера, а теми, кто хотел ввести Церковь в заблуждение, превознося Коперника.

Коперник очень опасался оскорблений, которые он ожидал получить от философов за то, что они выступили против авторитета Аристотеля, заявившего, что земля неподвижна. Поэтому он искал и заручился поддержкой Церкви, посвятив свой великий труд папе Павлу III. в пространном пояснительном послании. Епископ Краковский установил мемориальную доску в его честь.

Коперник был самым утонченным представителем и почти последним представителем эпициклической школы. Как уже говорилось, его преемник Тихо Браге поддерживал то же использование эпициклов и эксцентриков, что и Коперник, хотя и считал землю неподвижной. Но Тихо Браге был в высшей степени практическим наблюдателем и принимал мало участия в теории; и его наблюдения составили настолько существенную часть системы Кеплера, что будет справедливо включить его имя в число тех, кто заложил основы солнечной системы, которые мы принимаем сегодня.

Прощаясь теперь с системой эпициклов, позвольте заметить, что она подвергалась насмешкам больше, чем того заслуживает. При чтении отчета Эйри об эпициклах, изложенного прекрасным ясным языком его *Шести лекций по астрономии*, создается впечатление, что упомянутые там сочлененные стержни для описания окружностей должны были быть реальными. Это верно не больше, чем то, что сферы Евдокса и Каллиппа считались реальными. Оба были введены только для иллюстрации математической концепции, на основе которой были построены солнечные, планетарные и лунные таблицы. Эпициклы представляли собой не

что иное, как первые члены ряда Фурье, который в прошлом столетии стал основой подобных вычислений как в астрономии, так и в физике в целом.



“ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ ФРЕСКА СИВОГО ТИХОНИКА”.

С портретом Тихо Браге, инструментами и т.д., нарисованными на стене; показаны ассистенты,

использующие прицел, смотрящие на часы и записывающие. (Из авторского экземпляра "Астрономической механики".)

СНОСКИ:

[1] Определение см. на стр. 22.

[2] Там же.

[3] Определение см. на стр. 18.

[4] Определение см. на стр. 18.

[5] В своей великой книге Коперник говорит: "Движение небесных тел является равномерным, круговым, постоянным или же состоит из круговых движений". В этом он провозгласил себя последователем Пифагора (см. стр. 14), а также когда он говорит: "Мир сферичен, потому что сфера из всех фигур является наиболее совершенной" (Delambre, *Ast. Mod. История.*, стр. 86, 87).

[6] Кеплер сообщает нам, что Тихо Браге остался доволен этим устройством и адаптировал его к своей собственной системе.

[7] *История. Аст.*, т. i, с. 354.

[8] *История. из Phys. Ast.*, стр. vii.

[9] "Est enim Astronomi proprium, historiam motuum coelestium diligenti et artificiosa observatione colligere. Deinde causas earundem, seu hypotheses, cum veras assequi nulla ratione possit ... Neque enim necesse est, eas hypotheses esse veras, imo ne verisimiles quidem, sed sufficit hoc usum, si calculum observationibus congruentem exhibeant."

КНИГА II. ДИНАМИЧНЫЙ ПЕРИОД

5. ОТКРЫТИЕ ИСТИННОЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ —ТИХО БРАГЕ—КЕПЛЕР.

В период интеллектуального и эстетического возрождения, в начале шестнадцатого века, "дух эпохи" был поддержан изобретением книгопечатания, падением Византийской империи и рассеянием греческих беглецов, проносивших литературные сокровища по Западной Европе, работами Рафаэля и Микеланджело, Реформацией и расширением известного мира благодаря путешествиям испанцев и португальцев. В этот период на первый план вышел основоположник точной наблюдательной астрономии. Тихо Браге, датчанин, родившийся в 1546 году в семье знатных родителей, был самым выдающимся, прилежным и точным наблюдателем небес со времен Гиппарха, 1700 лет назад.

Тихо с детства был полностью посвящен своей науке, и противодействие родителей только стимулировало его в попытках преодолеть трудности. Вскоре он осознал безнадежность старых дедуктивных методов рассуждения и решил, что не следует заниматься никакими теориями до

тех пор, пока не будут сделаны необходимые приготовления путем накопления точных наблюдений. Мы можем претендовать на звание основателя индуктивного метода.

Чтобы получить полное представление о жизни этого великого человека, читатель может обратиться к книге Дрейера "*Тихо Браге*", Эдинбург, 1890, содержащей полную библиографию. Настоящее уведомление должно быть ограничено указанием на проделанную работу и качества характера, которые позволили ему достичь своих научных целей и которые были заметны у многих его преемников.

Он учился в Германии, но король Дании Фредерик, оценив его большие таланты, пригласил его продолжить дело своей жизни в этой стране. Он даровал ему остров Хвин, назначил пенсию и сделал каноником кафедрального собора Роскилле. На этом острове Тихо Браге построил великолепную обсерваторию, которую он назвал Ураниборг, а позже - вторую для своих ассистентов и учеников, получившую название Стернеборг. Он оснастил их самыми совершенными приборами и никогда не упускал случая пополнить свой запас тщательных наблюдений.^[1]

Отчет обо всех этих инструментах и наблюдениях, напечатанный в его собственной типографии на острове, был опубликован самим Тихо Браге, а замечательные многочисленные гравюры свидетельствуют о совершенстве конструкции и стабильности его инструментов.

Его механическое мастерство было очень велико, и в своем мастерстве он не довольствовался ничем, кроме самого лучшего. Он понимал важность жесткости инструментов, и, хотя они обычно делались из дерева, он сконструировал их из металла. Его инструменты включали в себя армиллы, подобные тем, которые использовались в Александрии, и другие армиллы, разработанные им самим — секстанты, квадранты фрески, большие небесные глобусы и различные инструменты специального назначения. Он жил до появления телескопов и точных часов. Он изобрел метод деления градусов на дуге инструмента поперечными линиями примерно так, как предложил Педро Нуньес.

Он создал настоящую систему наблюдения и редукции наблюдений, признав тот факт, что лучший инструмент в мире несовершенен; и с каждым из своих инструментов он принялся за работу, чтобы выявить ошибки градуировки и монтажа, внося необходимые исправления в каждое наблюдение.

Когда он захотел навести свой инструмент точно на звезду, он столкнулся с точно такой же трудностью, с какой сталкиваются при артиллерийском деле и стрельбе из винтовки. Прицел и объект, на который нацелен прицел, не могут находиться в фокусе одновременно, и многое зависит от формы прицела. Тихо Браге изобрел и применил к стрелкам своих приборов оптический прицел переменной площади, подобный ирисовой диафрагме, используемой сейчас в фотографии. Это позволило ему добиться наилучшего результата при работе со звездами разной яркости. Поскольку телескоп еще не был изобретен, он не мог использовать оптический прицел, как мы сейчас делаем в артиллерийском деле. Это не только устраняет трудности с фокусировкой, но и уменьшает минимальный видимый угол. Гельмгольц определил минимальный угол, измеряемый невооруженным глазом, равным одной минуте дуги. В связи с этим просто удивительно, что при сравнении положений стандартных звезд Тихо с лучшими современными каталогами его вероятная ошибка в прямом восхождении составляет всего $\pm 24''$, 1, а в склонении - всего $\pm 25''$, 9.

Было изготовлено нечто вроде часов, но Тихо Браге считал их настолько ненадежными, что редко пользовался ими, и многие из его измерений местоположения производились путем измерения угловых расстояний от известных звезд.

Принимая во внимание отсутствие ни телескопа, ни часов, и читая его отчет о труде, который он вкладывал в каждое наблюдение, мы все должны согласиться с тем, что Кеплер, унаследовавший эти наблюдения в рукописи MS., был прав, при существовавших тогда условиях, заявляя, что нет никакой надежды на то, что кто-либо когда-либо улучшит их.

В 1572 году, 11 ноября, Тихо обнаружил в Кассиопее новую звезду огромной яркости и продолжал наблюдать за ней до конца января 1573 года. Для него это событие было настолько невероятным, что он отказывался верить собственным глазам, пока не убедил других подтвердить то, что он видел. Он провел точные наблюдения расстояния до него от девяти главных звезд Кассеопеи и доказал, что у него нет измеримого параллакса. В дальнейшем он использовал тот же метод с кометы 1577 от, 1580, 1582, 1585, 1590, 1593, и в 1596 и доказали, что они тоже имели никакой поддающейся измерению параллакса и должна быть очень далекой.

Поразительное открытие, что звезды не обязательно постоянны, что могут появляться новые звезды и, возможно, исчезать старые, оказало на него точно такое же воздействие, какое аналогичное событие оказало на Гиппарха 1700 лет назад. Он считал своим долгом составить каталог всех главных звезд, чтобы в будущем не было ошибок. При составлении своего каталога из 1000 звезд он подготовил и использовал точные таблицы преломления, полученные на основе его собственных наблюдений. Таким образом, он устранил (насколько это требовалось для наблюдений невооруженным глазом) эффект атмосферной рефракции, из-за которого высота звезды кажется больше, чем она есть на самом деле.

Тихо Браге смог скорректировать лунную теорию своими наблюдениями. Коперник ввел два эпицикла на лунной орбите в надежде добиться лучшего соответствия между теорией и наблюдениями; и он не был слишком амбициозен, поскольку его желанием было получить таблицы с точностью до десяти минут. Тихо Браге обнаружил, что таблицы Коперника были ошибочны на целых два градуса. Он заново открыл неравенство, называемое “вариацией”, наблюдая за Луной во всех фазах — вещь, на которую раньше не обращали внимания. [Примечательно, что в девятнадцатом веке сэр Джордж Эйри основал альтазимут в Гринвичской обсерватории с этим специальным объектом для наблюдения Луны во всех фазах.] Он также обнаружил другие лунные неравенства и хотел добавить еще один эпицикл к орбите Луны, но опасался, что вскоре они станут неуправляемыми, если дальнейшие наблюдения выявят новые неравенства.

Но, как оказалось, самая плодотворная работа Тихо Браге была посвящена движению планет, и особенно планеты Марс, поскольку именно изучение этих результатов привело Кеплера к открытию его бессмертных законов.

После смерти короля Фридриха обсерватории Тихо Браге не получили поддержки. Гигантская сила и трудолюбие, проявленные этим решительным человеком, сопровождались, как это часто бывает, властными манерами, нетерпимыми к препятствиям. Это привело к трениям, и в конце концов обсерватории были демонтированы, а Тихо Браге был принят императором Рудольфом II,

который предоставил в его распоряжение дом в Праге. Здесь он проработал несколько лет с Кеплером в качестве одного из своих помощников и умер в 1601 году.

Интересным фактом является то, что Тихо Браге был твердо убежден в том, что земные события могут быть предсказаны астрологией, и что эта вера подкреплялась его собственными предсказаниями.

Уже говорилось, что Тихо Браге утверждал, что наблюдение должно предшествовать теории. Он не принимал теорию Коперника о том, что земля движется, но в качестве рабочей гипотезы использовал модификацию древнеегипетской теории, математически идентичную теории Коперника, но не включающую звездный параллакс. Он говорит (*De Mundi, u m.д.*), что

система Птолемея была слишком сложной, а новая, которую предложил этот великий человек Коперник, следуя по стопам Аристарха Самосского, хотя в ней не было ничего противоречащего математическим принципам, находилась в противоречии с принципами физики, поскольку тяжелая и вялая земля непригодна для движения, и эта система противоречит даже авторитету Священного Писания. Отсутствие годового параллакса также связано с невероятным расстоянием между самой удаленной планетой и неподвижными звездами.

Мы вынуждены признать, что в данных обстоятельствах, поскольку не было вопроса о динамических силах, соединяющих элементы солнечной системы, его рассуждения, как и следовало ожидать от такого человека, практичны и здравы. Поэтому неудивительно, что астрономы, как правило, не очень охотно принимали взгляды Коперника, что Лютер ("*Tuшреден*" Лютера, стр. 22, 60) высмеивал его в своей обычной емкой манере, что Меланхтон ("*Initia doctrinae physicae*") сказал, что Священное Писание, а также наука выступают против движения земли; и что люди науки, мнения которых спросили кардиналы (которые хотели знать, прав был Галилей или нет), смотрели на Коперника как на ткача науки. фантастические теории.

Иоганн Кеплер - это имя человека, чье место, по общему мнению, было бы труднее всего занять среди всех тех, кто внес свой вклад в развитие астрономических знаний. Он родился в Виле, в герцогстве Вюртембергском, в 1571 году. У него была назначена встреча в Граце, в Штирии, и он поехал, чтобы присоединиться к Тихо Браге в Праге и помочь сократить количество его наблюдений. Они перешли в его распоряжение после смерти Тихо Браге, и император Рудольф доверил ему подготовку новых таблиц (называемых таблицами Рудольфина), основанных на новых и точных наблюдениях. Он испытывал глубочайшее уважение к знаниям, мастерству, решимости и настойчивости человека, собравшего такой урожай самых точных данных; и хотя Тихо едва ли признавал трансцендентный гений человека, работавшего его ассистентом, и хотя между ними были разногласия, Кеплер оставался на своем посту, поддерживаемый убеждением, что с помощью этих наблюдений для проверки любой теории он сможет навсегда решить проблему солнечной системы.



ПОРТРЕТ ИОГАННА КЕПЛЕРА.

Работы Ф. Вандерера, из книги Рейтлингера “Иоганн Кеплер”
(оригинал в Страсбурге).

Многим казалось, что требование Платона о равномерном круговом движении (линейном или угловом) привело к потере астрономией хорошей работы за полторы тысячи лет, к сотне непродуманных спекулятивных космогоний, к неудовлетворенности, доходящей до отвращения, этими *априорными* предположениями и к низведению науки до менее интеллектуальных рас, чем греки и другие европейцы. Казалось, никто не осмеливался отступить от этого фетиша равномерного углового движения и круговых орбит, пока

проницательность, смелость и независимость Иоганна Кеплера не открыли новый мир мысли и интеллектуального восторга.

Работая над таблицами Рудольфина, он использовал старые эпициклы, деференты и эксцентрики, но ему не удалось привести теорию в соответствие с наблюдениями. Его инстинкты подсказывали ему, что эти апологеты равномерного движения были обманом; и он доказал это самому себе, перепробовав все возможные варианты элементов и обнаружив, что они терпят неудачу. Количество гипотез, которые он рассмотрел и отверг, было почти невероятным (например, что планеты обращаются вокруг центров, находящихся на небольшом расстоянии от солнца, что центры эпициклов находятся на небольшом расстоянии от деферента и так далее). Он говорит, что после использования всех этих устройств для приведения теории в соответствие с наблюдениями Тихо, он все же обнаружил ошибки, составляющие восемь минут на градус. Затем он смело заявил, что невозможно, чтобы такой хороший наблюдатель, как Тихо, мог ошибиться на восемь минут, и добавил: “Из этих восьми минут мы построим новую теорию, которая объяснит движение всех планет”. И он сделал это, используя эллиптические орбиты, в фокусе каждой из которых было солнце.^[2]

Часто бывает трудно определить границы между фантазиями, воображением, гипотезой и здоровой теорией. Этот экстраординарный гений был мастером во всех этих способах решения проблемы. Его аналогия между пространствами, занимаемыми пятью правильными телами, и расстояниями планет от солнца, которая приводила его в такой восторг, была проявлением чистой фантазии. Его демонстрация трех фундаментальных законов движения планет была самой строгой и полной теорией, которая когда-либо была предпринята.

Часто высказывалось предположение, что возрождение Коперником идеи движущейся земли помогло Кеплеру. Никто из тех, кто читал великую книгу Кеплера, ни на минуту не мог бы прийти к такому мнению. Фактически, превосходство книги Коперника помогло продлить жизнь эпициклических теорий в противовес учению Кеплера.

Все лучшие теории он сравнивал с наблюдениями. Это были теории Птолемея, Коперника и Тихоника. Два последних расположили все орбиты планет концентрически друг другу, причем солнце располагалось немного в стороне от их общего центра и не имело к ним никакого видимого отношения, а фактически находилось вне плоскостей, в которых они движутся. Первым великим открытием Кеплера было то, что плоскости всех орбит проходят через Солнце; вторым - что линия апсид каждой планеты проходит через солнце; и то, и другое противоречило теории Коперника.

Он осторожно продвигается к своим предложениям, пока не приходит к своим великим законам, и завершает свою книгу сравнением наблюдений Марса всех периодов времени со своей теорией.

Его первый закон гласит, что планеты описывают эллипсы, причем солнце находится в центре каждого эллипса.

Его второй закон (гораздо более сложный для доказательства) гласит, что линия, проведенная от планеты к солнцу, проходит по равным площадям за равное время. Эти два закона были опубликованы в его великом труде "*Новая астрономия*", *sen. Physica Coelestis tradita commentariis de Motibus Stelloe; Martis*, Prague, 1609.

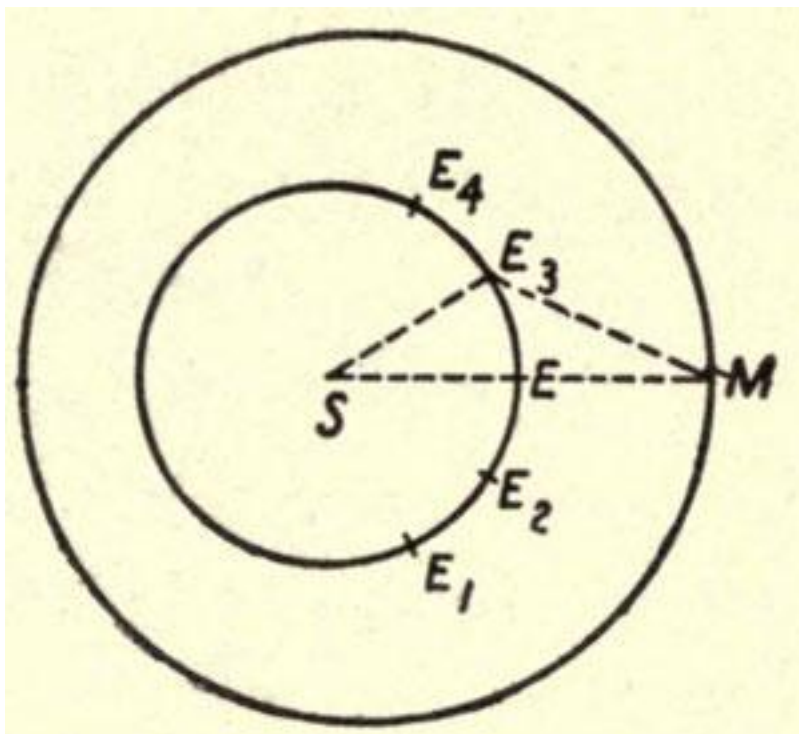
Ему потребовалось еще девять лет^[3], чтобы открыть свой третий закон, согласно которому квадраты периодов времени пропорциональны кубам средних расстояний от солнца.

Эти три закона неявно содержат закон всемирного тяготения. Они представляют собой просто альтернативный способ выражения этого закона применительно к планетам, а не к частицам. Вот только силавеличайшего человеческого интеллекта настолько ничтожна, что значение слов в трех законах Кеплера невозможно понять, пока их не разъяснит логика динамики Ньютона.

Мы с трудом можем себе представить радость, с которой Кеплер созерцал окончательную демонстрацию этих законов, эволюция которых заняла двадцать лет. Он дал некоторое представление об этом в отрывке из своей работы *огармониках*, который сейчас не цитируется, только чтобы кто—нибудь не сказал, что это было эгоистично - термин, который просто гротескен в применении к такому человеку, проделавшему работу всей своей жизни.

Всю книгу "*Астрономия Нова*" в целом читать одно удовольствие; масса используемых наблюдений и остроумие предложений сильно контрастируют с расплывчатыми и недостаточно обоснованными объяснениями всех его предшественников; и снисходительный читатель извинит, что посвятил несколько строк примеру изобретательности и красоты его методов.

Может показаться безнадежной задачей выяснить истинные траектории движения Марса и земли (в то время, когда даже их форма не была известна) на основе наблюдений, дающих только относительное направление от ночи к ночи. Теперь Кеплеру предстояло разобраться с двадцатилетними наблюдениями за Марсом. Это позволило ему использовать новый метод определения орбиты Земли. Следите за датой в любое время, когда Марс находится в оппозиции. Положение земли E на эту дату определяет долготу Марса M . Его период составляет 687 дней. Теперь выберите даты до и после основной даты с интервалом в 687 дней и кратными им числами. Марс в каждом конкретном случае находится в одном и том же положении. Теперь для любой даты, когда Марс находится в точке M , а земля в точке E_3 , дата года дает угол E_3Sm . И наблюдение Тихо дает направление на Марс по сравнению с Солнцем, SE_3M . Таким образом, известны все углы треугольника SEM в любом из этих положений E , а также отношения SE_1 , SE_2 , SE_3 , SE_4 к SM и друг к другу.



Для наблюдения за орбитой Марса были выбраны наблюдения с интервалом в год, когда земля всегда находилась на одном и том же месте.

Но Кеплер видел гораздо дальше геометрических фактов. Он понял, что движение по орбитам осуществляется под действием силы, направленной к солнцу; и он предположил, что это та же сила, что и гравитация, которая заставляет камень падать. Он видел сложность гравитации, действующей в пустом пространстве. Он сравнил всемирное тяготение с магнетизмом и говорит о работе Гилберта Колчестерского. (Книга Гилберта, *De Mundo Nostro Sublunari, Philosophia Nova*, Amstelodami, 1651, содержащая аналогичные взгляды, была опубликована через сорок восемь лет после смерти Гилберта и через сорок два года после книги и справочника Кеплера. Его книга *О магнетизме* была опубликована в 1600 году.)

Теперь можно упомянуть несколько взглядов Кеплера на гравитацию, извлеченных из Введения к его "*Новой астрономии*":—

1. Каждое тело, находящееся в состоянии покоя, остается в состоянии покоя, если оно находится вне силы притяжения других тел.
2. Гравитация - это свойство масс взаимно притягиваться таким образом, что земля притягивает камень гораздо сильнее, чем камень притягивает землю.
3. Тела притягиваются к центру Земли не потому, что это центр Вселенной, а потому, что это центр притягивающих частиц земли.
4. Если земля не круглая (а сфероидальная?), то тела на разных широтах будут притягиваться не к ее центру, а к разным точкам поблизости от этого центра.
5. Если бы земля и луна не удерживались на своих орбитах жизненной силой (*aut alia aliqua aequipollenti*), земля и луна объединились бы.

6. Если бы земля перестала притягивать свои воды, все океаны поднялись бы и потекли к Луне.
7. Он приписывает приливы и отливы лунному притяжению. Кеплер был назначен имперским астрономом с солидным жалованьем (на бумаге), часть которого выдавалась ему очень нерегулярно. Он был вынужден прибегать к жалким подручным средствам, чтобы заработать достаточно, чтобы уберечь свою семью от голодной смерти; и в 1630 году отправился в Ратисбон, чтобы предъявить свои претензии сейму. Он прибыл измученным и ослабленным; он потерпел неудачу в своей апелляции и умер от лихорадки, заразившись разочарованием и истощением и питаясь ими. Это были не те времена, когда люди могли принять в качестве профессии “исследование даров”.

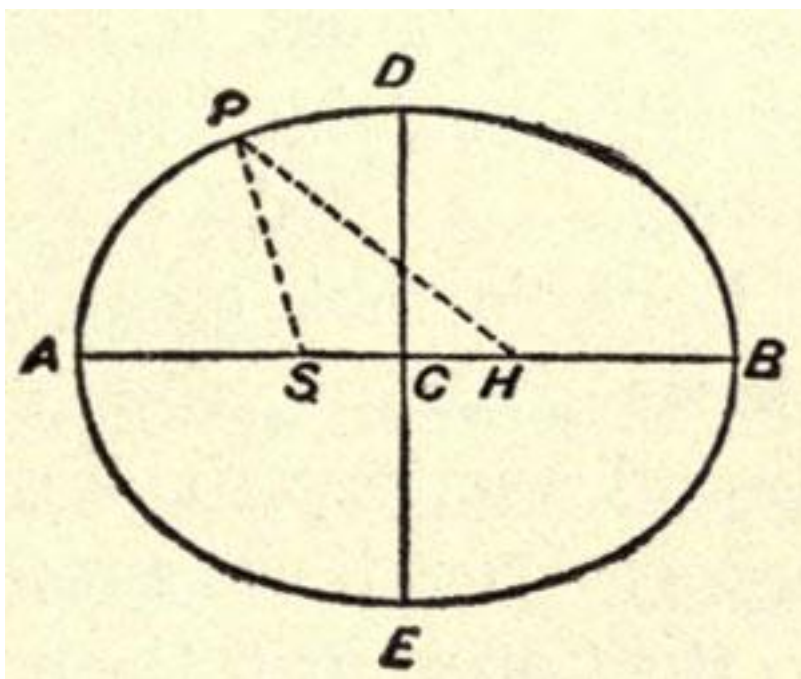
Прежде чем попрощаться с Кеплером, который ни в коем случае не был человеком одной идеи, следует отметить, что он был первым, кто предположил, что телескоп с выпуклыми линзами (не галилеевский телескоп) может иметь в фокусе перекрещивающиеся провода для использования в качестве указателя для точной фиксации положения звезд. Англичанин Гаскойн был первым, кто применил это на практике.

Из приведенного здесь слишком краткого описания величайшей книги Кеплера должно быть очевидно, что в то время он имел некоторое представление о значении своих законов — всемирного тяготения. С этого момента идея всемирного тяготения витала в воздухе, и многие высказывали намеки и догадки; и со временем закон всемирного тяготения, несомненно, был бы открыт, хотя, вероятно, и не работой одного человека, даже если бы Ньютона не было в живых. Но если бы Кеплера не было в живых, кто еще мог бы открыть его законы?

СНОСКИ:

[1] Когда автор посетил М. Д'Арреста, астронома, в Копенгагене в 1872 году, Д'Аррест подарил ему один из нескольких кирпичей, собранных с руин Ураниборга. Это было одно из его самых дорогих владений, пока, вернувшись домой после длительного отсутствия на астрономической работе, он не обнаружил, что его сокровище было унесено из кабинета.

[2] эллипс - это одно из плоских сечений конуса. Это овальная кривая, которую можно нарисовать, закрепив две булавки на листе бумаги в точках S и H, прикрепив нитку SPH к двум булавкам и растянув ее острием карандаша в точке P, и перемещая острие карандаша, пока нитка остается натянутой, чтобы обвести овальный эллипс, см. S и H являются *фокусами*. Кеплер обнаружил, что солнце находится в одном фокусе, скажем, S. AB - это *большая ось*. DE - *малая ось*. C - *центр*. Направление AB - это *линия апсид*. Отношение CS к CA является *эксцентриситетом*. Положение планеты в точке A - это *перигелий* (ближайший к Солнцу). Положение планеты в точке B - это *афелий* (самое удаленное от солнца). Угол ASP - это *аномалия*, когда планета находится в точке P. CA или линия, проведенная от S до D, - это *среднее расстояние* планеты от солнца.



[3] линейчатую логарифмическую бумагу, которой мы сейчас пользуемся, тогда нельзя было купить в канцелярском магазине. Иначе он сделал бы это за пять минут.

6. ГАЛИЛЕЙ И ТЕЛЕСКОП —ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХОРРОКСА О ГРАВИТАЦИИ И ДР.

Теперь необходимо ненадолго оставить тему динамической астрономии, чтобы дать некоторый отчет о работе в другом направлении, начатой современником Кеплера, фактически старше его на семь лет. Галилео Галилей родился в Пизе в 1564 году. Наиболее научная часть его работы была посвящена земной динамике; но одна из тех счастливых случайностей, которые выпадают только по-настоящему великим людям, поставила его на путь зарождения нового раздела астрономии.

Законы движения не были правильно определены. Единственным человеком времен Галилея, который, кажется, успешно работал в том же направлении, что и он сам, был замечательный Крайтон из итальянцев, Леонардо да Винчи. Галилей расчистил почву. Всегда было замечено, что все имеет тенденцию останавливаться: мяч катится по земле, лодка движется по воде, выстрел произведен в воздух. Галилей понял, что во всех этих случаях противодействующая сила действует, останавливая движение, и он был первым, кто пришел к не очень очевидному закону, согласно которому движение тела никогда не прекращается, не меняет своей скорости и направления, кроме как под действием некоторой силы.

Не очень очевидно, что легкое тело и тяжелое падают с одинаковой скоростью (за исключением сопротивления воздуха). Галилей доказал это на бумаге, но, чтобы убедить мир, ему пришлось провести эксперимент с Пизанской башни.

В раннем возрасте он открыл принцип изохронности маятника, который в руках Гюйгенса в середине семнадцатого века привел к изобретению часов с маятником, возможно, самого ценного астрономического инструмента, когда-либо произведенного.

Эти и другие открытия в динамике сейчас могут показаться совершенно очевидными; но часто обнаруживалось, что самые повседневные вопросы ускользают от внимания обычных умов, и требовался высокий уровень интеллекта, чтобы разгадать истину и отбросить глупые максимы, разбросанные по работам Аристотеля и принятые на основании его авторитета. Слепое преклонение перед научными авторитетами часто задерживало прогресс человеческих знаний, точно так же, как слишком много "наставлений" молодежи часто разрушает его "образование". Грант в своей "Истории физической астрономии" хорошо сказал, что "проницательность и мастерство, которые Галилей проявляет в разложении явлений движения на составляющие их элементы и, следовательно, в выведении первоначальных принципов, связанных с ними, навсегда обеспечат ему выдающееся место среди тех, кто расширил области науки".

Но это была работа другого рода, которая создала Галилею популярную репутацию. В 1609 году Галилей услышал, что голландский производитель очков соединил пару линз, чтобы увеличивать удаленные объекты. Работая над этим намеком, он решил ту же проблему сначала на бумаге, а затем на практике. Итак, он пришел к созданию одного из первых телескопов, когда-либо использовавшихся в астрономии. Как только он обратил свое внимание на небесные тела, он был вознагражден таким потоком поразительных открытий, которые сразу же сделали его имя самым известным в Европе. Он обнаружил любопытные неправильные черные пятна на солнце, совершающие оборот вокруг него за двадцать семь дней; холмы и долины на Луне; планеты, представляющие собой диски разумного размера, а не точки, подобные неподвижным звездам; Венеру, демонстрирующую фазы в соответствии с ее положением по отношению к солнцу; Юпитер в сопровождении четырех лун; Сатурн с придатками, которые он не мог объяснить, но непохожими на другие планеты; Млечный Путь, состоящий из множества отдельных звезд.

Его слава облетела Европу как по волшебству, а его открытия много обсуждались - и многие отказывались верить. Космо де Медичи убедил его переехать во Флоренцию, чтобы продолжить свои наблюдения. В Риме его принял Павел V, папа римский, которому он рассказал о своих открытиях.

Он считал, что эти открытия доказывают истинность теории Коперника о движении Земли; и он настаивал на этой точке зрения как среди друзей, так и среди врагов. Хотя Кеплер часто переписывался с ним, он никогда не упоминал о Новой астрономии и писал ему, превознося достоинства эпициклов. Он любил спорить, никогда не уклонялся от встречи с любым количеством спорящих и смеялся, разбирая их аргументы.

В результате какого-то странного хода событий, за которым нелегко проследить, теория Коперника, рождение которой приветствовала Церковь, теперь была подхвачена некоторыми антиклерикальными агитаторами, и ей противостояли кардиналы, а также сановники Реформатской церкви. Галилей — добрый католик — был вовлечен в эти дискуссии, хотя и находился в прекрасных отношениях с папой римским и его окружением. Наконец случилось так, что Галилея вызвали в Рим, где его обвинили в том, что он придерживался еретических взглядов о движении земли и преподавал их; и затем он торжественно отрекся от этих мнений. В отношении его суда и наказания было много преувеличений и искажений, и в течение долгого времени с обеих сторон проявлялось много горечи. Но общий вердикт сегодняшнего дня, по-видимому, таков: хотя к самому Галилею относились с уважением, враждебность Церкви к взглядам Коперника противопоставляла их также истинной системе Кеплера, и это привело к

бесполезным спорам. Со времен Галилея и далее, в течение некоторого времени, противники религии включали теорию движения Земли в свои споры, не столько из любви или знания астрономии, сколько ради удовольствия обвинить Церковь в неправоте. Это вызвало большую горечь и нетерпимость с обеих сторон. Среди пострадавших был Джордано Бруно, ученый философ-спекулянт, приговоренный к сожжению на костре.

Галилей умер на Рождество 1642 года — в день рождения Ньютона. Дальнейшее рассмотрение грандиозной области открытий, открытой Галилеем с его телескопами, должно быть отложено, чтобы избежать прерывности в истории интеллектуального развития этого периода, которое лежало в направлении динамической, или физической, астрономии.

До времен Кеплера никому, по-видимому, не приходила в голову идея об универсальных физических силах, управляющих земными явлениями и в равной степени применимых к небесным телам. Великое открытие Кеплером истинной взаимосвязи Солнца и планет, а также телескопические открытия Галилея и тех, кто последовал за ним, распространили дух исследования и философской мысли по всей Европе, и астрономия снова получила признание; а непреодолимая логика математического процесса рассуждений вскоре вывела ее на то положение, которое она с тех пор занимает как передовая из точных наук.

Практическому применению этого процесса рассуждения чрезвычайно способствовало изобретение Нейпиром логарифмов. Он родился в Мерчистоуне, недалеко от Эдинбурга, в 1550 году и умер в 1617 году. Благодаря этой системе утомительные арифметические операции, необходимые при астрономических вычислениях, особенно те, которые связаны с тригонометрическими функциями углов, были настолько упрощены, что Лаплас заявил, что благодаря этому изобретению труд астронома в течение всей жизни удваивается.

Иеремия Хоррокс (родился в 1619 году, умер в 1641 году) был горячим поклонником Тихо Браге и Кеплера и смог настолько усовершенствовать таблицы Рудольфина, что предсказал прохождение Венеры в 1639 году, на которое эти таблицы не указывали, и был единственным наблюдателем этого. Его жизнь была короткой, но он многого достиг и справедливо приписал лунное неравенство, называемое *уклонением*, изменениям в величине эксцентриситета и направлении линии апсид, в то же время правильно приписав *возмущающую силу Солнца* в качестве причины. Он обнаружил ошибки в расчетном положении Юпитера из-за того, что мы теперь знаем как неравенство длины Юпитера и Сатурна, и со значительной точностью измерил ускорение среднего движения Юпитера на ту дату и указал на замедление среднего движения Сатурна.

Исследования Хоррокса, насколько их удалось собрать, были опубликованы посмертно в 1672 году, и редко, если вообще когда-либо, человек, проживший всего двадцать два года, накопил столько научных знаний.

В этот период британская наука получила мощный импульс благодаря мудрому посвящению Карла II, человека, над которым много издевались, который основал Лондонское королевское общество, а также Королевскую обсерваторию в Гринвиче, где он назначил Флемстида первым королевским астрономом, особенно в области наблюдений Луны и звезд, которые могут быть полезны для навигации. В то же время были основаны Французская академия и Парижская обсерватория. Все это в течение четырнадцати лет, 1662-1675.

Тем временем гравитация в общих чертах обсуждалась Гуком, Реном, Галлеем и многими другими. Все эти люди испытывали отвращение к идее силы, действующей через пустоту космоса. Декарт (1596-1650) предложил эфирную среду, вращающуюся вокруг солнца вместе с планетами и имеющую локальные вихри, вращающиеся вместе со спутниками. Как сказали Делабэр и Грант, эта выдумка лишь затормозила прогресс чистой науки. Она не имела никакого отношения к более современной, но столь же вводящей в заблуждение "гипотезе туманности". В то время как многие говорили и строили догадки, на этом этапе требовался гигантский ум, чтобы прояснить ситуацию.

7. СЭР ИСААК НЬЮТОН —ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ.

Теперь мы переходим к периоду, который является кульминационной точкой интереса в истории динамической астрономии. Исаак Ньютон родился в 1642 году. Пембертон утверждает, что Ньютон, покинув Кембридж, чтобы избежать чумы, жил в Вулсторпе, в Линкольншире, где он родился; что однажды он сидел в саду, размышляя о силе, которая не дает планете улететь по касательной и которая притягивает ее к солнцу, и о силе, которая притягивает Луну к земле; и что он увидел в случае планет, что сила, действующая на солнце, явно должна быть неодинаковой на разных расстояниях, поскольку отклонение от касательной линии за минуту у Юпитера меньше, чем у Марса. Затем он увидел, что притяжение земли к Луне будет меньше, чем к более близкому объекту. Говорят, что во время такой медитации он увидел, как яблоко упало с дерева на землю, и что этот факт вызвал вопросы: является ли сила, сорвавшая это яблоко с дерева, такой же, как сила, притягивающая луну к земле? Подчиняется ли притяжение для них обоих тому же закону, что и расстояние, который определяется движением планет вокруг Солнца? Было заявлено, что таким образом возникла первая концепция всемирного тяготения.^[1]

Едва ли не самым важным событием во всей истории физической астрономии была публикация в 1687 году *принципов естественной философии Ньютона (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)*. В этом великом труде Ньютон начал с истоков вещей, законов движения, и шаг за шагом перенес свои аргументы во все отрасли физической астрономии; объясняя физическое значение трех законов Кеплера и объясняя или указывая на объяснение всех известных небесных движений и их неправильностей; показывая, что все это было включено в его простое утверждение о законе всемирного тяготения; и продолжая выводить из этого закона новые неправильности в движениях Луны, которые никогда не были замечены, и открывать сплюснутую форму земли и причину приливов. Эти исследования заняли лучшую часть его жизни, но всю свою великую книгу он написал за пятнадцать месяцев.

Разработав и сформулировав истинные законы движения, он смог показать, что второй закон Кеплера (о том, что равные площади описываются линией от планеты к солнцу за равные промежутки времени) был всего лишь другим способом сказать, что центростремительная сила на планете всегда направлена к солнцу. Кроме того, первый закон Кеплера (эллиптические орбиты с солнцем в одном фокусе) был всего лишь другим способом сказать, что сила, притягивающая планету к солнцу, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Кроме того (если принять во внимание эти два факта), из этого следует, что третий закон Кеплера - это всего лишь еще один способ сказать, что сила воздействия солнца на разные планеты (помимо зависимости, как указано выше, от расстояния) пропорциональна их массам.

Далее, доказав замечательное для того времени утверждение о том, что с помощью закона обратных квадратов притяжение отдельными частицами сферы одинаковой плотности (или сферы, состоящей из концентрических сферических оболочек, каждая из которых имеет одинаковую плотность) действует так, как если бы вся масса была собрана в центре, он смог выразить значение законов Кеплера в предложениях, которые были резюмированы следующим образом:—

Закон всемирного тяготения.—Каждая частица материи во Вселенной притягивает каждую другую частицу с силой, изменяющейся обратно пропорционально квадрату расстояния между ними и прямо пропорционально произведению масс двух частиц.^[2]

Но Ньютон не связывал себя обязательствами по закону, пока не ответил на вопрос о яблоке; и приведенное выше предположение теперь позволило ему разобраться с Луной и яблоком. Сила тяжести заставляет камень падать на 16,1 фута в секунду. Луна в 60 раз дальше от центра Земли, чем камень, поэтому он должен отклоняться от прямого курса на 16,1 фута за минуту. Ньютон определил расстояние, на которое она фактически тянется, как долю диаметра земли. Но когда он впервые исследовал этот вопрос, он использовал неправильный диаметр земли и обнаружил серьезное расхождение. На какое-то время это, казалось, опровергло его теорию, и он с сожалением отложил эту часть своей работы в сторону. К счастью, до того, как Ньютон написал *Principia*, французский астроном Пикар произвел новое и правильное измерение дуги меридиана, из чего он получил точное значение диаметра Земли. Ньютон применил это значение и обнаружил, к своей великой радости, что, когда расстояние до Луны в 60 раз превышает радиус Земли, она отклоняется от прямого курса со скоростью 16,1 фута в минуту и что сила, действующая на камень или яблоко, подчиняется тому же закону, что и сила, действующая на небесные тела.^[3]

Универсальность закона, заявленная если не Ньютоном, то, по крайней мере, его комментаторами, была смелой и подтверждалась только большим количеством случаев, в которых Ньютон обнаружил его применимость. С тех пор его универсальность подвергается испытанию, и до сих пор он выдерживал это испытание. Часто возникало подозрение в сомнении, когда какое-то неравенство движения небесных тел на какое-то время мешало астрономам в их попытках объяснить это. Но усовершенствованные математические методы в конце концов всегда приводили к успеху, и поэтому кажущееся сомнение превращалось в более твердую убежденность в универсальности закона.

Установив однажды этот закон, Ньютон приступил к прослеживанию некоторых его следствий. Он увидел, что форма земли частично зависит от взаимного притяжения ее частей, а частично от центробежной тенденции, обусловленной вращением земли, и что это должно приводить к сплющиванию полюсов. Он изобрел математический метод, который использовал для вычисления отношения полярного диаметра к экваториальному.

Затем он заметил, что возникающее вследствие этого выпуклость вещества на экваторе будет притягиваться луной неравномерно, причем ближайшие части будут притягиваться сильнее всего; и поэтому луна будет иметь тенденцию наклонять землю, находясь на некоторых участках своей орбиты; а солнце будет делать это в меньшей степени из-за своего большого расстояния. Затем он доказал, что результатом должно быть вращение земной оси над конической поверхностью в пространстве, точно так же, как ось вершины описывает конус, если вершина имеет острую точку, вращается и смещается от вертикали. Он действительно вычислил это

количество и таким образом объяснил причину прецессии равноденствий, открытую Гиппархом около 150 года до н.э.

Одним из его величайших открытий был метод взвешивания небесных тел по их воздействию друг на друга. С помощью этого принципа он смог сравнить массу солнца с массами тех планет, у которых есть спутники, а также сравнить массу нашей луны с массой земли.

Таким образом, Ньютон, установив свой великий принцип, посвятил свой великолепный интеллект вычислению его следствий. Он доказал, что если тело выбрасывать с любой скоростью в свободное пространство, подчиняясь только центральной силе, изменяющейся обратно пропорционально квадрату расстояния, то тело должно вращаться по кривой, которая может быть любым из сечений конуса — окружностью, эллипсом, параболой или гиперболой; и он обнаружил, что те кометы, которые он наблюдал, движутся по параболам вокруг Солнца и, таким образом, подчиняются универсальному закону.

Ньютон понял, что, хотя планеты и спутники в основном управляются центральным телом, вокруг которого они вращаются, новый закон должен включать нарушения из—за их взаимного действия - такие, на самом деле, как указал Хоррокс. Он решил проверить это на примере Луны и рассчитать влияние солнца, исходя из его массы по сравнению с массой Земли и расстояния до нее. Он доказал, что среднее воздействие на плоскость орбиты будет заключаться в том, что линия, по которой она пересекает плоскость эклиптики (то есть линия узлов), будет совершать оборот по эклиптике примерно раз в девятнадцать лет. Это было известно с древнейших времен. Он также пришел к выводу, что линия апсид совершит оборот в плоскости лунной орбиты также примерно за девятнадцать лет; но наблюдаемый период составляет всего десять лет. Долгое время это было единственным слабым местом в ньютоновской теории. Только в 1747 году Клеро примирил это с теорией и показал, почему расчеты Ньютона были неточными.

Ньютон приступил к объяснению других неравенств, признанных Тихо Браге и более старыми наблюдателями, и рассчитал их максимальные величины, как указано в его теории. Далее он обнаружил из своих вычислений два новых неравенства, одно из апогея, другое из узлов, и присвоил ему максимальное значение. Грант показал значения некоторых из них, данные наблюдениями в таблицах Мейера и более современных таблицах, и сравнил их со значениями, присвоенными Ньютоном из его теории; и сравнение очень примечательное.

Ньютон. Современные таблицы.

о' " о' "

Среднемесячное движение Аpsид 1.31.28 3.4.0

Среднегодовое движение узлов 19.18.1,23 19.21.22,50

Среднее значение “вариации” 36.10 35.47

Годовое уравнение 11.51 11.14

Неравенство среднего движения апогея 19.43 22.17

Неравенство среднего движения узлов 9.24 9.0

Единственное серьезное несоответствие - это первое, о котором уже упоминалось. Учитывая, что некоторые из этих возмущений никогда не были обнаружены, что причина ни одного из них никогда не была известна, и что он продемонстрировал свои результаты, если он сам не сделал открытий, с помощью синтетических методов геометрии, просто удивительно, что он достиг

такой степени точности. Он изобрел бесконечно малое исчисление, которое больше подходит для таких вычислений, но если бы он выразил свои результаты на этом языке, то был бы непонятен многим.

Метод Ньютона по вычислению прецессии равноденствий, о котором уже говорилось, так же прекрасен, как и все в *Принципах*. Он уже доказал регрессию узлов спутника, движущегося по орбите, наклоненной к эклиптике. Теперь он сказал, что узлы кольца спутников, вращающихся вокруг экватора Земли, следовательно, все регрессируют. И если бы он был соединен в сплошное кольцо, его узел регрессировал бы; и это происходило бы, только медленнее, если бы он был обременен сферической частью массы земли. Следовательно, ось экваториального пояса земли должна вращаться вокруг полюса эклиптики. Затем он принялся за работу и нашел сумму, причитающуюся Луне, и сумму, причитающуюся солнцу, и таким образом разгадал тайну 2000-летней давности.

Когда Ньютон применил свой закон всемирного тяготения для объяснения приливов, он положил начало новой области применения математики к физическим проблемам; и не может быть никаких сомнений в том, что, если бы он мог получить полные наблюдения за приливами из разных частей света, его необычайные способности к анализу позволили бы ему прийти к удовлетворительной теории. Он, несомненно, открыл множество рудников, полных интеллектуальных жемчужин, и его преемники никогда не прекращали своих исследований. Это привело к совершенствованию математических методов, которые в сочетании с большей точностью наблюдений сделали современную физическую астрономию самой точной из наук.

Лаплас лишь выразил всеобщее мнение потомков, сказав, что *Principia* гарантирует “превосходство над всеми другими произведениями человеческого интеллекта”.

Здесь следует упомянуть имя Флемстида, первого королевского астронома, который снабдил Ньютона точными данными, необходимыми для завершения теории.

Имя Эдмунда Галлея, Второго королевского астронома, всегда должно быть прославлено не только его собственными открытиями, но и той ролью, которую он сыграл в том, чтобы убедить Ньютона посвятить себя написанию и представлению Королевскому обществу результатов своих исследований. Если бы не его дружеская настойчивость, возможно, что *Principia* никогда бы не были написаны; и если бы не его щедрость в выделении средств, Королевское общество не смогло бы опубликовать эту книгу.



ПОСМЕРТНАЯ МАСКА СЭРА ИСААКА НЬЮТОНА.

Сфотографирован специально для этой работы с оригинала с любезного разрешения Лондонского королевского общества.

Сэр Исаак Ньютон умер в 1727 году в возрасте восьмидесяти пяти лет. Его тело покоилось в Иерусалимской палате и было похоронено в Вестминстерском аббатстве.

СНОСКИ:

[1] Писатель унаследовал от своего отца (профессора Дж. Д. Форбса) небольшую шкатулку с кусочком дерева и листом бумаги, которую ему подарил сэр Дэвид Брюстер. На бумаге сэр Дэвид написал следующие слова: “Если есть хоть капля правды в истории о том, что падение яблока привело Ньютона к теории тяготения, то этот кусочек дерева, вероятно, является куском яблони, с которой Ньютон видел, как упало яблоко. Когда я совершал паломничество к дому, в котором родился Ньютон, я срезал его со старой яблони, растущей в его саду”. Примерно в 1875 году, читая лекцию в Глазго, писатель показал его своей аудитории. На следующее утро, убирая свое имущество со стола для лекций, он обнаружил, что его драгоценная реликвия была украдена. Было бы интересно узнать, у кого она сейчас!

[2] Следует отметить, что эти слова, в которых законы всемирного тяготения всегда кратко излагаются в исторических трудах и учебниках, не встречаются в *Principia*; но, хотя они, должно быть, были составлены каким-то ранним комментатором, не похоже, чтобы их происхождение было прослежено. Также не похоже, чтобы Ньютон когда-либо распространял закон за пределы Солнечной системы, и, вероятно, его осторожность заставила бы его избегать любых утверждений подобного рода до тех пор, пока это не будет доказано.

За этим исключением вышеприведенное утверждение закона всемирного тяготения не содержит ничего такого, чего нельзя было бы найти в *Принципах*; и ближайший подход к этому утверждению содержится в Седьмом предложении книги III:—

Утверждение, что тяготение имеет место во всех телах и что оно пропорционально количеству вещества в каждом.

Кор. I.: Общее притяжение на планете возникает и состоит из притяжения отдельных частей.

Кор. II.: Притяжение отдельных равных частиц тела обратно пропорционально квадрату расстояния от частиц.

[3] Говорят, что при разработке этого окончательного результата вероятность его подтверждения той части его теории, от которой он неохотно отказался много лет назад, взволновала его так сильно, что он был вынужден передать свои расчеты другу, чтобы тот завершил их.

8. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА — ГАЛЛЕЙ, ЭЙЛЕР, ЛАГРАНЖ, ЛАПЛАС И ДР.

Эдмунд Галлей сменил Флемстида на посту второго королевского астронома в 1721 году. Хотя он не внес непосредственного вклада в математические доказательства теории Ньютона, все же его имя тесно связано с некоторыми из ее величайших успехов.

Он был первым, кто обнаружил ускорение среднего движения Луны. Гиппарх, сравнив свои собственные наблюдения с наблюдениями более древних астрономов, дал точное значение среднего движения Луны в его время. Галлей аналогичным образом вывел ценность для современности и обнаружил, что она значительно выше. Он объявил об этом в 1693 году, но только в 1749 году Данторн использовал современные лунные таблицы для вычисления лунного затмения, наблюдавшегося в Вавилоне в 721 году до н.э., другого в Александрии в 201 году до н.э., солнечного затмения, наблюдавшегося Теоном в 360 году н.э., и двух более поздних,

вплоть до десятого века. Он обнаружил, что для объяснения этих затмений необходимо принять предложение Галлея, согласно которому ускорение составляет $10''$ за одно столетие. В 1757 году Лаланд снова установил его на уровне $10''$.

Парижская академия в 1770 году предложила свою премию за исследование, направленное на то, чтобы выяснить, можно ли это объяснить теорией тяготения. Эйлер получил премию, но не смог объяснить эффект и сказал: “По-видимому, неоспоримыми доказательствами установлено, что неравенство среднего движения Луны в течение всего времени не может быть вызвано силами тяготения”.

Тот же вопрос был снова предложен на соискание премии, которую разделили Лагранж^[1] и Эйлер, ни один из которых не нашел решения, в то время как последний утверждал о существовании сопротивляющейся среды в пространстве.

И снова, в 1774 году, Академия в третий раз представила тот же предмет на соискание премии; и снова Лагранжу не удалось обнаружить причину в гравитации.

Лаплас^[2] теперь взялся за дело. Он попробовал эффект не мгновенного действия силы тяжести, но безрезультатно. Но в 1787 году он дал истинное объяснение. Основное влияние солнца на орбиту Луны заключается в уменьшении влияния Земли, таким образом удлиняя период до нового значения, обычно принимаемого за постоянное. Но расчеты Лапласа показали, что новая величина зависит от эксцентриситета земной орбиты, который, согласно теории, имеет периодическое изменение с огромным периодом и непрерывно уменьшается на протяжении тысячелетий. Таким образом, влияние солнца уменьшалось, а среднее движение Луны увеличивалось. Лаплас вычислил величину в $10''$ дюймов за одно столетие, согласившись с наблюдениями. (Позже Адамс показал, что расчет Лапласа был неправильным и что найденная им величина была слишком велика; таким образом, часть ускорения теперь некоторые астрономы приписывают удлинению суток из-за приливного трения.)

Еще один вклад Галлея в проверку закона Ньютона был сделан, когда он отправился на остров Святой Елены для составления каталога южных звезд. Он измерил изменение длины секундного маятника на разных широтах из-за изменений силы тяжести, предсказанных Ньютоном.

Кроме того, он обнаружил неравенство продолжительности Юпитера и Сатурна, период которых составляет 929 лет. За исследование этого вопроса Академия наук также предложила свою премию. Это побудило Эйлера написать ценное эссе, раскрывающее новый метод вычисления возмущений, называемый мгновенным эллипсом с переменными элементами. Метод был значительно развит Лагранжем.

Но опять же именно Лаплас решил проблему неравенств Юпитера и Сатурна с помощью теории тяготения, уменьшив ошибки таблиц с $20''$ до $12''$, тем самым отменив использование эмпирических поправок к планетарным таблицам и обеспечив еще один великолепный триумф закона тяготения. Как справедливо сказал Лаплас: “Раньше эти неравенства казались необъяснимыми с точки зрения закона всемирного тяготения — теперь они составляют одно из самых поразительных его доказательств”.

Возьмем еще одно открытие Галлея, непосредственно обеспечивающее новый триумф теории. Он заметил, что Ньютон приписал кометам, которые он изучал, параболические орбиты, так что

они приходят из бесконечности, облетают солнце и навсегда уходят в бесконечность, пробыв видимыми несколько недель или месяцев. Он собрал все достоверные наблюдения комет, которые смог найти, в количестве двадцати четырех, и вычислил их параболические орбиты по правилам, установленным Ньютоном. Его целью было выяснить, действительно ли какие-либо из них движутся по вытянутым эллипсам, практически неотличимым в видимой части их траекторий от парабол, и в этом случае их можно было бы увидеть более одного раза. Он обнаружил две старые кометы, орбиты которых по форме и положению напоминали орбиту кометы, наблюдавшейся им самим в 1682 году. Апиан наблюдал одну в 1531 году; Кеплер другую в 1607 году. Интервалы между этими появлениями составляют семьдесят пять или семьдесят шесть лет. Затем он изучил и нашел старые записи о похожем появлении в 1456, 1380 и 1305 годах. Он заметил, что интервалы менялись на полтора года, и наклон орбиты к эклиптике уменьшался с последовательными появлениями. Но из предыдущих расчетов он знал, что это вполне может быть связано с планетарными возмущениями. Наконец, он пришел к выводу, что все эти кометы были идентичны и двигались по эллипсу, настолько вытянутому, что та часть, где была видна комета, казалась частью параболической орбиты. Затем он предсказал его возвращение в конце 1758 или начале 1759 года, когда он должен был умереть; но, как он сказал, “если он вернется, согласно нашему предсказанию, примерно в 1758 году, беспристрастные потомки не откажутся признать, что это было впервые обнаружено англичанином”.^[3] [*Краткий астрономический обзор*, 1749.]

И снова предложение Галлея стало источником вдохновения для математического астронома. Клеро с помощью Лаланда обнаружил, что Сатурн задержит движение кометы на 100 дней, Юпитер - на 518 дней, и предсказал ее возвращение в перигелий 13 апреля 1759 года. В своем сообщении Французской академии он сказал, что комета, пролетающая в такие отдаленные регионы, может подвергнуться влиянию совершенно неизвестных сил и “даже какой-нибудь планеты, слишком удаленной от солнца, чтобы ее можно было когда-либо увидеть”.

Волнение астрономов к концу 1758 года стало еще более сильным; и честь впервые увидеть путешественника выпала любителю из Саксонии Георгу Паличу на Рождество 1758 года. Он достиг перигелия 13 марта 1759 года.

Этот факт был поразительным подтверждением ньютоновской теории, потому что это был новый вид расчета возмущений, а также он добавил в солнечную систему нового члена и дал перспективу добавления многих других.

Когда комета Галлея вновь появилась в 1835 году, вычисления Понтекуланта для даты прохождения перигелия были очень точными, и впоследствии он показал, что при более точных значениях масс Юпитера и Сатурна его предсказание оказалось верным в течение двух дней, после невидимого путешествия продолжительностью семьдесят пять лет!

Впоследствии Хинд отыскал множество старых появлений этой кометы, начиная с 11 года до н.э., и большинство из них были идентифицированы как действительно комета Галлея с помощью расчетов Коуэлла и Кромеллина^[4] (Гринвичская обсерватория), которые также предсказали ее следующее прохождение перигелия с 8 по 16 апреля 1910 года и проследили ее историю еще дальше, до 240 года до н.э.

Уже в ноябре 1907 года Королевский астроном пытался поймать его с помощью фотографии.

СНОСКИ:

[1] Родился в 1736 году; умер в 1813 году.

[2] Родился в 1749 году; умер в 1827 году.

[3] Это предложение отсутствует в оригинальных мемуарах, переданных королевскому обществу, но впервые было опубликовано в посмертном переиздании.

[4] *Ежемесячные уведомления R. A. S.*, 1907-8.

9. ОТКРЫТИЕ НОВЫХ ПЛАНЕТ — ГЕРШЕЛЬ, ПИАЦЦИ, АДАМС И ЛЕВЕРЬЕ.

Было бы очень интересно, но совершенно невозможно на этих страницах обсудить все изысканные исследования математических астрономов и внушить почтение именам, связанным с этими исследованиями, которые в течение двухсот лет устанавливали универсальность закона Ньютона. Лунная и планетарная теории, прекрасная теория спутников Юпитера, форма земли и приливы были математически обработаны Маклорином, Д'Аламбером, Лежандром, Клеро, Эйлером, Лагранжем, Лапласом, Уолмсли, Байи, Лаландом, Делаಂಬром, Майером, Хансеном, Бурхардтом, Бине, Дамуазо, Плана, Пуассоном, Гауссом, Бесселем, Бувардом, Эйри, Айвори, Делоне, Леверье, Адамсом и другими более поздними учеными. дата.

Минуя эти важные события, можно проследить некоторые этапы завершающего триумфа ньютоновской теории, согласно которой планета Нептун была добавлена к известным элементам солнечной системы независимыми исследованиями профессора Дж.К. Адамса и М. Леверье в 1846 году.

Лучше всего будет начать с этой темы, рассказав о том, как в восемнадцатом веке увеличилось число известных планет, которых тогда было всего шесть, включая Землю.

13 марта 1781 года сэр Уильям Гершель, как обычно, был занят изучением нескольких маленьких звезд и, заметив, что одна из них кажется больше неподвижных звезд, заподозрил, что это может быть комета. Чтобы проверить это, он увеличил свою увеличительную силу с 227 до 460 и 932, обнаружив, что, в отличие от неподвижных звезд рядом с ним, его четкость ухудшилась, а размер увеличился. Это убедило его в том, что объект был кометой, и он не был удивлен, обнаружив в последующие ночи, что положение изменилось и движение происходит по эклипике. Он передал результаты пятимесячных наблюдений Королевскому обществу, не подозревая, что объект был новой планетой.

Долгое время люди не могли вычислить удовлетворительную орбиту для предполагаемой кометы, потому что она, казалось, находилась вблизи перигелия, а ни одна комета никогда не наблюдалась с расстоянием в перигелии от солнца, превышающим расстояние Земли в четыре раза. Лекселл был первым, кто заподозрил, что это новая планета, в восемнадцать раз удаленная от солнца по сравнению с Землей. В январе 1783 года Лаплас опубликовал "Элементы эллипса". Первооткрыватель планеты имеет право назвать ее, поэтому Гершель назвал ее *Georgium Sidus* в честь короля. Но Лаланд настаивал на принятии имени Гершель. Боде предложил Уран, и этот вариант был принят. Было обнаружено, что новая планета по размеру стоит рядом с Юпитером и Сатурном и в 4,3 раза превышает диаметр Земли.

В 1787 году Гершель обнаружил два спутника, оба вращающихся почти в одной плоскости, наклоненных на 80° к эклиптике, и движение обоих было ретроградным.

В 1772 году, еще до открытия Гершеля, Боде^[1] открыл любопытный произвольный закон расстояний до планет. Напротив названия каждой планеты напишите цифру 4; и последовательно добавляйте цифры 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, *и т.д.*, к 4, всегда удваивая последние цифры. Затем вы получаете планетарные расстояния.

Меркурий, округ: $4 \cdot 4 + 0 = 4$

Венера " $7 \cdot 4 + 3 = 7$

Земля " $10 \cdot 4 + 6 = 10$

Марс " $15 \cdot 4 + 12 = 16$

- $4 + 24 = 28$

Юпитер, округ: $52 \cdot 4 + 48 = 52$

Сатурн " $95 \cdot 4 + 96 = 100$

(Уран) " $192 \cdot 4 + 192 = 196$

-- $4 + 384 = 388$

Все пять планет и земля соответствовали этому правилу, за исключением того, что между Марсом и Юпитером был пробел. Когда был открыт Уран, также соответствующий правилу, напрашивался вывод, что, вероятно, между Марсом и Юпитером есть планета. В настоящее время в Германии была создана ассоциация из двадцати четырех астрономов для поиска этой планеты. Почти сразу после этого планета была открыта, но не кем-либо из членов ассоциации, а Пиацци, когда он работал над своим большим каталогом звезд. 1 января 1801 года он наблюдал звезду, которая изменила свое местоположение на следующую ночь. Ее движение было ретроградным до 11 января, непосредственно после 13-го. Пиацци заболел прежде, чем у него было достаточно наблюдений для точного расчета орбиты, и планета исчезла в лучах солнца. Гаусс опубликовал приблизительные эфемериды вероятных положений, когда планета должна выйти из-под солнечного света. Была захватывающая охота, и 31 декабря (за день до своего дня рождения) Де Зак поймал прогульщика, и Пьяцци окрестил его Церерой.

Было обнаружено, что среднее расстояние от солнца составляет 2,767, что согласуется с показателем 2,8, данным законом Боде. Было обнаружено, что его орбита наклонена более чем на 10° к эклиптике, а диаметр составляет всего 161 милю.

28 марта 1802 года Ольберс открыл новую звезду седьмой величины, которая оказалась планетой, напоминающей Цереру. Она называлась Паллада. Гаусс обнаружил, что его орбита наклонена на 35° к эклиптике и пересекает орбиту Цереры; отсюда Ольберс предположил, что это могут быть фрагменты распавшейся планеты. Затем он приступил к поиску других фрагментов. В 1804 году Хардинг открыл Юнону, а в 1807 году Ольберс обнаружил Весту. Следующая была открыта только в 1845 году, с тех пор астероиды, или малые планеты (как называют эти малые планеты), находили почти каждый год. Сейчас их насчитывается около 700.

Невозможно дать никакого представления о том интересе, с которым были восприняты первые дополнения к планетной системе с доисторических времен. Все те, кто осыпал первооткрывателей поздравлениями, рассматривали эти открытия в свете награды за терпеливый и непрерывный труд, самой высокой награды, которую только можно было

пожелать. И все же оставался самый блестящий триумф из всех - появление еще одной планеты, подобной Урану, еще до того, как ее когда-либо видели, когда анализ Адамса и Леверье дал окончательное доказательство силы великого закона Ньютона для объяснения любых планетарных аномалий.

После того, как сэр Уильям Гершель открыл Уран в 1781 году, было обнаружено, что астрономы наблюдали его во многих предыдущих случаях, ошибочно принимая за неподвижную звезду шестой или седьмой величины. Всего было зарегистрировано девятнадцать наблюдений положения Урана со времен Флемстида в 1690 году.

В 1790 году Деламбр, используя все эти наблюдения, подготовил таблицы для вычисления его положения. Какое-то время это работало достаточно хорошо, но в конце концов различия между расчетной и наблюдаемой долготами планеты стали серьезными. В 1821 году Бувар предпринял пересмотр таблиц, но обнаружил невозможность согласовать все наблюдения за 130 лет (период обращения Урана составляет восемьдесят четыре года). Поэтому он намеренно отверг старые версии, выразив мнение, что расхождения могут зависеть от “какой-то посторонней и неосознаваемой причины, которая, возможно, действовала на планете”. Через несколько лет ошибки даже в этих таблицах стали невыносимыми. В 1835 году ошибка определения долготы составляла 30 дюймов; в 1838 году - 50 дюймов; в 1841 году - 70 дюймов; и при сравнении ошибок, полученных из наблюдений, сделанных до и после противодействия, стала очевидной серьезная ошибка в определении расстояния (радиус-вектора).

В 1843 году Джон Коуч Адамс стал старшим научным сотрудником Кембриджа и получил возможность заняться исследованиями, которые он задал себе еще студентом — выяснить, можно ли объяснить возмущения Урана, предположив определенную орбиту и положение на этой орбите гипотетической планеты, еще более удаленной, чем Уран. Такое объяснение предлагалось, но до 1843 года ни у кого не хватало смелости взяться за решение проблемы. Бессель намеревался попробовать, но его настигла смертельная болезнь.

Адамс сначала пересчитал все известные причины возмущения, используя последние определения масс планет. Тем не менее ошибки были почти такими же большими, как и прежде. Однако теперь он мог использовать эти ошибки как на самом деле вызванные возмущениями, вызванными неизвестной планетой.

В 1844 году, предположив круговую орбиту и среднее расстояние, согласующееся с законом Бодя, он получил первое приближение к положению предполагаемой планеты. Затем он попросил профессора Чаллиса из Кембриджа раздобыть последние наблюдения Урана из Гринвича, которые Эйри немедленно предоставил. Затем вся работа была пересчитана с самого начала, с большей точностью и исходя из меньшего среднего расстояния.

В сентябре 1845 года он передал Чаллису данные об элементах гипотетической планеты, ее массе и видимом положении на 30 сентября 1845 года. 22 сентября Чаллис написал Эйри, объяснив этот вопрос и заявив о своей вере в способности Адамса. Когда Адамс позвонил ему, Эйри не было дома, но в конце октября 1845 года он позвонил снова и оставил документ с подробным описанием своих результатов, которые, по большей части, сократили расхождения примерно до 1". Фактически, с тех пор было обнаружено, что указанное тогда гелиоцентрическое положение новой планеты было правильным примерно с точностью до 2°.

Эйри написал, выражая свой интерес, и попросил рассказать подробнее о радиус-векторе. Адамс тогда не ответил, поскольку ответ на этот вопрос можно было считать удовлетворительным, взглянув на уже предоставленные данные. Он был самым скромным человеком и не стал бы настаивать на своем. Возможно, после всей проделанной им работы он почувствовал, что вполне естественный запрос Эйрине проявлял соразмерного желания искать планету. Как бы то ни было, дело находилось в зачаточном состоянии в течение девяти месяцев.

Тем временем один из самых способных французских астрономов Леверье, имевший опыт в вычислении возмущений, работал независимо, ничего не зная об Адамсе. Он применил к своим расчетам все возможные усовершенствования, и, учитывая новизну проблемы, его расчет стал одним из самых блестящих в истории астрономии. В критике было сказано, что это скорее демонстрация мастерства, чем помощь в решении конкретной проблемы, и что, утверждая, что он нашел элементы орбиты в определенных пределах, он утверждал, что при данных обстоятельствах это было невозможно, как доказал результат.

В июне 1846 года Леверье объявил в *отчете Академии наук*, что долгота возмущающей планеты на 1 января 1847 года составляла 325 и что вероятная ошибка не превышала 10°.

Этот результат настолько хорошо согласуется с результатом Адамса (с точностью до 1°), что Эйри убедил Чаллиса применить для поиска великолепный Нортумберлендский экваториал в Кембридже. Чаллис, однако, уже подготовил исчерпывающий план атаки, который должен был со временем решить этот вопрос. Его первой работой было наблюдение и составление каталога, или карты, всех звезд вблизи положения Адамса.

31 августа 1846 года Леверье опубликовал заключительную часть своих трудов.

18 сентября 1846 года Леверье сообщил о своих результатах астрономам в Берлине и попросил их помочь в поисках планеты. По счастливой случайности, доктор Бремикер только что завершил составление звездной карты той самой части небес, включая положение Леверье; таким образом, была устранена вся предварительная работа Чаллиса. Письмо было получено в Берлине 23 сентября; и в тот же вечер Галле обнаружил новую планету восьмой величины, размер ее диска соответствовал предсказанию Леверье, а гелиоцентрическая долгота соответствовала 57'. К этому времени Чаллис записал, без сокращений, наблюдения 3150 звезд, что стало началом его поиска. Уменьшив их, он обнаружил звезду, наблюдавшуюся 12 августа, которой не было на том же месте 30 июля. Это была та самая планета, и он также наблюдал ее 4 августа.

Чувство удивления, восхищения и энтузиазма, вызванное этим интеллектуальным триумфом, было ошеломляющим. В мире астрономии каждый день встречаются напоминания об ужасной ограниченности способностей человеческого разума; и любой успех, который позволяет мысленному взору немного яснее видеть смысл вещей, всегда сердечно приветствовался теми, кто сам занимался подобными исследованиями. Но со времени публикации *Principia* в 1687 году, вероятно, не было ни одного аналитического успеха, который вызвал бы у астрономов такое чувство восхищения и благодарности, как когда Адамс и Леверье показали, что неравномерность движения Урана означает, что неизвестная планета находится в определенном месте на небесах, где она и была найдена.

В то время имело место неприятное проявление международной ревности. Британский народ считал, что более ранняя дата работы Адамса и наблюдения Чаллиса дают ему право на по

меньшей мере равную долю заслуг с Леверье. Французы, с другой стороны, которые после объявления об открытии Галле загорелись гордостью за новое доказательство великих способностей их астронома Леверье, чья жизнь была долгой историей успехов ввычислениях, были недоверчивы, когда им сказали, что все это уже было сделано молодым человеком, о котором они никогда не слышали.

Эти проявления ревности давно прошли, и теперь повсеместно существует *сердечное согласие*, что каждому из этих великих людей в равной степени принадлежит заслуга в том, что он так тщательно рассчитал обратную проблему возмущений, что это привело к немедленному открытию неизвестной планеты, с тех пор называемой Нептуном.

Вскоре было обнаружено, что планета наблюдалась, и ее положение было зафиксировано Лаландом как неподвижная звезда 8 и 10 мая 1795 года.

М-р Лассель в том же 1846 году с помощью своего двухфутового рефлектора обнаружил спутник с ретроградным движением, масса которого составляла примерно двадцатую часть массы Юпитера.

СНОСКИ:

[1] Закон Бодде или что-то подобное уже был предвосхищен Кеплером и другими, особенно Тициусом (см. *Monatliche Correctdenz*, т. vii., стр. 72).

КНИГА III. НАБЛЮДЕНИЕ

10. ПРИБОРЫ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ—СОСТОЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.

Проследив теперь прогресс физической астрономии вплоть до того времени, когда поразительные доказательства универсальности закона всемирного тяготения убедили самых скептически настроенных, все же следует иметь в виду, что, хотя гравитация, безусловно, является основной силой, управляющей движениями небесных тел, в пространстве все же может существовать сопротивляющаяся среда, и, возможно, придется иметь дело с электрическими и магнитными силами. Кроме того, могут быть случаи, когда становятся очевидными эффекты светящегося радиационного отталкивания, а также вакуумные эффекты Крукса, описываемые как “лучистая материя”. Нет также полной уверенности в том, что доказательства Лапласа мгновенного распространения силы тяжести являются окончательными.

И в будущем, как и в прошлом, необходимо придерживаться изречения Тихо Браге о том, что любой теории должны предшествовать точные наблюдения. Астрономы гордятся тем, что их наука стоит выше всех других в точности наблюдаемых фактов, а также в строгой логике математики, используемой для интерпретации этих фактов.

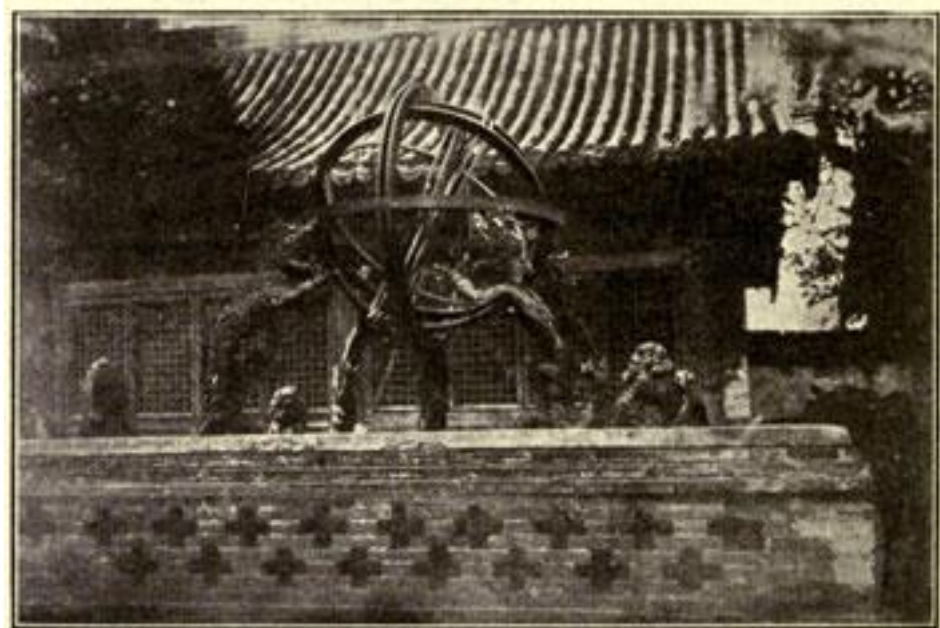
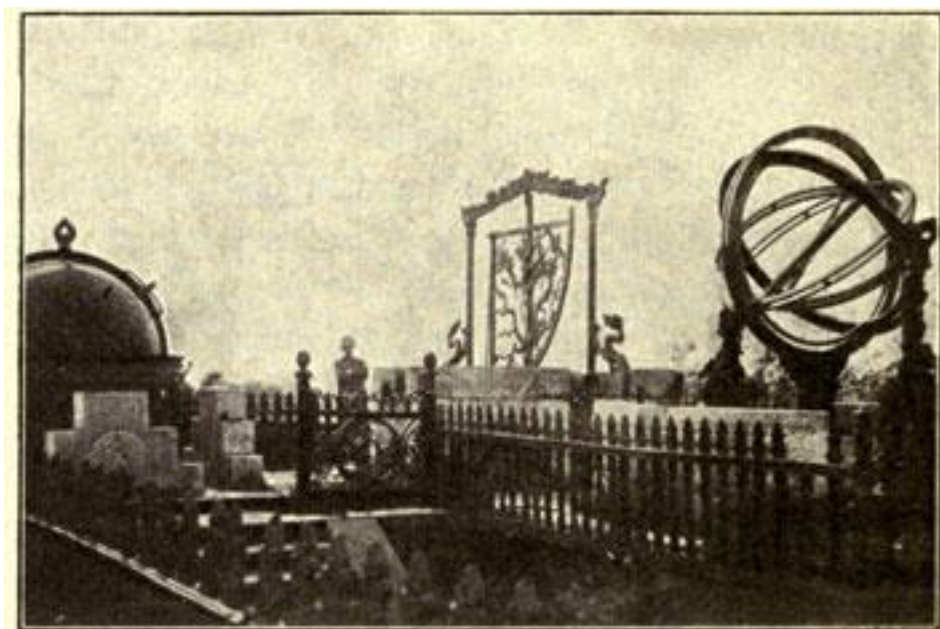
Интересно исторически проследить изобретение тех точных инструментов, которые привели к такому результату, и, не вдаваясь в подробности, требуемые практическим руководством, отметить руководящие принципы конструирования в разные эпохи.

Весьма вероятно, что халдеи могли делать сферы, подобные армиллярной сфере, для обозначения полюсов небес; и с кольцами, показывающими эклиптику и зодиак, а также цвета равноденствий и солнцестояний; но у нас нет записей. Мы знаем только, что башня Белуса, расположенная на возвышенности, была их обсерваторией. Однако у нас есть отчетливые записи о двух таких сферах, использовавшихся китайцами около 2500 г. до н.э. Гномоны, или своего рода солнечные часы, использовались египтянами и другими; и многие древние народы измеряли наклон эклиптики по теням от вертикальной колонны летом и зимой. Естественный горизонт был единственным точным инструментом, которым пользовались те, кто определял положение звезд по направлениям их восхода и захода; в то время как в те дни клепсидра, или водяной замок, была лучшим инструментом для сравнения времени их восхода и захода.

Около 300 г. до н.э. в Александрии, тогдашнем центре цивилизации, была построена обсерватория, оснащенная круглыми приборами для определения положения звезд. Мы почти ничего не знаем об инструментах, которыми Гиппарх пользовался при составлении своих звездных каталогов и лунных и солнечных таблиц; но изобретение астролябии приписывается ему.^[1]

В более поздние времена Нюрнберг стал центром астрономической культуры. Вальтер из этого города произвел действительно точные наблюдения за высотами звезд и расстояниями между звездами; а в 1484 году нашей эры он использовал что-то вроде часов. Тихо Браге попробовал их, но отклонил как неточные.

Тихо Браге (1546-1601 гг. н.э.) внес значительные усовершенствования в армиллярные сферы, квадранты, секстанты и большие небесные глобусы. С их помощью он измерил положение звезд или расстояние кометы от нескольких известных звезд. Он оставил нам их полные описания, иллюстрированные превосходными гравюрами. До него такие инструменты изготавливались из дерева. Тихо всегда использовал металл. Он уделял наибольшее внимание стабильности установки, ориентации своих инструментов, градуировке дуг с помощью нового в то время метода поперечных сечений и апертурному прицелу, используемому на его указке. В его время не было телескопов и маятниковых часов. Он признал тот факт, что должны быть инструментальные ошибки. Он сделал их как можно меньше, измерил их количество и исправил свои наблюдения. Его таблица преломлений позволила ему устранить ошибку, связанную с нашей атмосферой, настолько, насколько это могло повлиять на наблюдения невооруженным глазом. Азимутальный круг самого большого квадранта Тихо имел диаметр девять футов, а радиус квадранта - шесть футов. Он представил квадрант фрески для наблюдений за меридианами.^[2]



ДРЕВНИЕ КИТАЙСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ,
включая квадрант, небесный глобус и две армиллы, в обсерватории в Пекине.
Сфотографирован автором в Пекине в 1875 году и украден немцами при освобождении
посольств союзниками в 1900 году.

Французские иезуиты в Пекине в семнадцатом веке помогали китайцам в их астрономии. В 1875 году писатель увидел и сфотографировал на той части пекинской стены, которая использовалась мандаринами в качестве обсерватории, шесть инструментов, великолепно спроектированных отцом Вербистом, скопированных с инструментов Тихо Браге и украшенных китайскими драконами и эмблемами, отлитыми на подставках. Он также увидел там два старых инструмента (которые, как ему сказали, были арабскими), датированных 1279 годом, работы Ко

Шоу-Кинга, астронома Коблай-хана, внука Чингисхана. Одна из этих последних почти идентична армиллям Тихо, а другая - его "армиллям квадрантных максимумов", с помощью которых он наблюдал комету 1585 года, помимо неподвижных звезд и планет.^[3]

Открытие Галилеем изохронности маятника, за которым последовала адаптация Гюйгенсом этого принципа к часам, стало одним из величайших подспорий к точным наблюдениям. Примерно в то же время не менее полезным шагом стало использование телескопа в качестве указки; не галилеевского с вогнутым окуляром, а с увеличительным стеклом для изучения фокального изображения, на котором также могла быть нанесена фиксированная метка. Кеплер был первым, кто предложил это. Гаскойн был первым, кто использовал это. Гюйгенс использовал металлическую полосу переменной ширины в фокусе, в качестве микрометра для покрытия планетарного диска и, таким образом, для измерения ширины, покрываемой планетой. Маркиз Мальвазия в 1662 году описал сеть из тонких серебряных нитей под прямым углом, которую он использовал в фокусе, почти так же, как мы делаем это сейчас.

В руках такого искусного человека, как Тихо Браге, старые открытые прицелы, даже без часов, сослужили свою службу достаточно хорошо, чтобы позволить Кеплеру открыть истинную теорию солнечной системы. Но оптические прицелы и часы требовались для доказательства некоторых теорий Ньютона о планетарных возмущениях. Наблюдения Пикара в Париже с 1667 года, по-видимому, отражают первое использование телескопа в качестве указки. Он также был первым, кто ввел использование часов Гюйгенса для наблюдения прямого восхождения звезд. Олаус Ромер родился в Копенгагене в 1644 году. В 1675 году, тщательно изучив периоды затмений спутников Юпитера, он обнаружил, что свету требуется время, чтобы пересечь пространство. Его скорость составляет 186 000 миль в секунду. В 1681 году он приступил к своим обязанностям астронома в Копенгагене и построил первый транзитный круг на подоконнике своего дома. Железная ось имела пять футов в длину и полтора дюйма в толщину, а телескоп был закреплен на одном конце противовесом. Труба телескопа представляла собой двойной конус, предотвращающий изгиб. В фокусе использовались три горизонтальных и три вертикальных провода. Они освещались зеркалом рядом с предметным стеклом, отражавшим свет от фонаря, расположенного над осью, причем верхняя часть трубы телескопа была частично срезана, чтобы пропускать свет. Для считывания склонения был предусмотрен разделенный круг с указкой и считывающим микроскопом. Он осознал превосходство круга с градуировками над гораздо большим сектором. Ошибка коллимации была найдена путем переворачивания прибора и использования земной отметки, ошибка азимута - по наблюдениям за звездами. Время было выражено в долях секунды. Он также сконструировал телескоп с экваториальной установкой, чтобы следить за звездой одним осевым движением. В 1728 году его инструменты и записи наблюдений были уничтожены пожаром.

Гевелиус применил верньер и касательный винт при измерении градуировки дуг. Его обсерватория и записи были сожжены дотла в 1679 году. Хотя он был уже стариком, он начал все заново и оставил после себя каталог из 1500 звезд.

Флемстид приступил к своим обязанностям в Гринвичской обсерватории в качестве первого королевского астронома в 1676 году с очень плохими инструментами. В 1683 году он установил дугу фрески под углом 140°, а в 1689 году - еще лучше, радиусом семьдесят девять дюймов. Он проводил свои измерения с большим мастерством и внедрил новые методы достижения точности, используя определенные звезды для определения погрешностей своих

инструментов; и он всегда сводил свои наблюдения к форме, в которой их можно было легко использовать. Он представил новые методы определения положения точки равноденствия и прямого восхождения основной звезды. Он составил каталог из 2935 звезд. Он предоставил сэру Исааку Ньютону результаты наблюдений, необходимые для его теоретических расчетов. Он умер в 1719 году.

Халли сменил Флэмстида и обнаружил, что все здание было опустошено душеприказчиками последнего. В 1721 году он получил транзитный инструмент, а в 1726 году - фреску "квадрант" Грэма. Его преемник в 1742 году Брэдли заменил его прекрасным латунным квадрантом радиусом восемь футов фирмы Bird; а зенитный сектор Брэдли был приобретен для обсерватории. Подобный инструмент, специально разработанный для зенитных звезд, обладает большей жесткостью, чем более универсальный инструмент; и в зените нет проблем с рефракцией. По этим причинам Брэдли установил этот прибор в Кью, чтобы попытаться доказать движение Земли, наблюдая годовой параллакс звезд. Он, конечно, обнаружил ежегодное изменение зенитного расстояния, но не в то время года, которое требуется для параллакса. Это привело его к открытию "абerrации" света и нутации. Брэдли был описан как основатель современной системы точных наблюдений. Он умер в 1762 году, оставив после себя тринадцать фолиантов с ценными, но не редуцированными наблюдениями. Те, что относятся к звездам, были сокращены Бесселем и опубликованы в 1818 году в Кенигсберге в его хорошо известной стандартной работе "*Основы астрономии*". В нем приведены результаты, показывающие законы преломления, с таблицами его величины, максимального значения абerrации и других констант.

Брэдли сменил Блисс, а его - Маскелайн (1765), который проделал отличную работу и заложил основы "Морского альманаха" (1767). Незадолго до своей смерти он убедил правительство заменить Птичий квадрант прекрасной новой фреской Троутона - кругом шести футов в диаметре, деления считываются микроскопами, установленными на опорах напротив разделенного круга. В этом приборе микрометрический винт с разделенным кругом для его поворота использовался для приведения микрометрической проволоки фактически в соответствие с делением на круге — схема, которая до сих пор всегда принимается.

Понд сменил Маскелайна в 1811 году и был первым, кто использовал этот инструмент. Отныне расположение звезд относилось к полюсу, а не к зениту; ноль был получен из измерений на циркумполярных звездах. Для указания погрешности часов использовались стандартные звезды. В 1816 году был добавлен новый транзитный инструмент Троутона, и с этой даты координаты гринвичской звезды сохраняют высочайшую точность.

Джордж Бидделл Эйри, Седьмой Королевский астроном,^[4] начал свои работы в Гринвиче в 1835 году. Его первой и величайшей реформацией в работе обсерватории была та, которую он уже основал в Кембридже, и теперь она принята повсеместно. Он считал, что наблюдение не является завершенным, пока оно не будет приведено к полезной форме; и в случае солнца, Луны и планет эти результаты в каждом случае сравнивались с таблицами, и табличная ошибка выводилась.

Эйри был глубоко впечатлен целью, ради которой Карл II. он мудро основал обсерваторию в связи с навигацией и для наблюдений за Луной. Всякий раз, когда можно было наблюдать прохождение Луны по меридиану, это делалось. Но даже в этом случае в месяце бывают периоды, когда луна находится слишком близко к солнцу, чтобы прохождение можно было

хорошо наблюдать. Кроме того, погода мешает многим наблюдениям за меридианами. Чтобы сделать наблюдения за Луной более непрерывными, Эйри нанял преемника ТROUTONA, Джеймса Симмса, совместно с инженерами Рэнсомом и Мэй для постройки альтазимута с трехфутовыми окружностями и пятифутовым телескопом в 1847 году. В результате количество лунных наблюдений было немедленно увеличено втрое, причем многие из них находились на той части орбиты Луны, которая ранее была недоступна для наблюдений. С этой даты гринвичские наблюдения за Луной стали образцом и стандартом для всего мира.

Эйри также обязался руководить сокращением всех наблюдений Луны по Гринвичу с 1750 по 1830 год. Ценность этой кропотливой работы, которая была завершена в 1848 году, трудно переоценить.

Требования астрономии, особенно в отношении малых планет, требовали наличия транзитного прибора и настенного круга с более мощным телескопом. Эйри объединил функции обоих и использовал те же конструкторы, что и раньше, для создания *транзитного круга* с телескопом с фокусом одиннадцать с половиной футов и кругом диаметром шесть футов, при этом объективное стекло имело диаметр восемь дюймов.

Эйри, как и Брэдли, был впечатлен преимуществом использования звезд в зените для определения фундаментальных астрономических констант. Он изобрел *рефлекторную зенитную трубу*, в которой зенитная точка определялась по отражению от поверхности ртути. Дизайн был настолько простым и казался таким совершенным, что возлагались большие надежды. Но появились необъяснимые отклонения, сравнимые с изменениями транзитного круга, и инструмент был выведен из употребления до 1903 года, когда нынешний Королевский астроном заметил, что неровности могут быть допущены из-за того замечательного изменения положения земной оси, включенного в круги диаметром около шести ярдов на северном и южном полюсах, обнаруженные в конце девятнадцатого века. В настоящее время этот инструмент используется для исследования этих вариаций; а в 1907 году с помощью рефлекторной зенитной трубы было проведено 1545 наблюдений звезд.

В связи с зенитными телескопами следует отметить, что Респиги в обсерватории Капитолия в Риме использовал глубокий колодец с ровной поверхностью ртути на дне и телескопом наверху, направленным вниз, который автор видел в 1871 году. Отражение микрометрических проводов и звезды, расположенной очень близко к зениту (но не совсем в зените), можно наблюдать вместе. Его ртутный желоб представлял собой круглую плоскую поверхность с неглубоким краем для удержания ртути. Поверхность быстро успокоилась из-за нарушения уличного движения.

Сэр У. М. Х. Кристи, восьмой королевский астроном, приступил к исполнению своих обязанностей в этом качестве в 1881 году. Помимо более крупного альтазимута, который он возвел в 1898 году, он расширил поле деятельности в Гринвиче за счет широкого использования фотографии и создания больших экваториальных площадок. С точки зрения точных приборов, одной из наиболее важных новых функций является астрографический экваториал, созданный в 1892 году и используемый для построения гринвичского раздела только что завершенной большой астрографической карты. Фотография стала использоваться не только для изображения солнца и Луны, комет и туманностей, но и для получения точных относительных положений соседних звезд; для обнаружения объектов, невидимых в любой телескоп; и, возможно, прежде всего, для определения положения слабых спутников. Таким

образом, за удаленным спутником Сатурна Фиби, а также шестым и седьмым спутниками Юпитера регулярно следили в Гринвиче с момента их открытия с помощью тридцатидюймового отражателя (установленного в 1897 году); и при этом мистер Мелотт в 1908 году сделал великолепное открытие на некоторых фотопластинках восьмого спутника Юпитера, расположенного на огромном расстоянии от планеты. На основе наблюдений в начале 1908 года на ограниченной дуге своей орбиты, до сближения Юпитера с Солнцем, мистер Коуэлл вычислил ретроградную орбиту и вычислил будущие положения этого спутника, что позволило мистеру Мелотту снова найти его осенью — великий триумф как расчетов, так и фотографических наблюдений. Этот спутник никогда не видели, и он был сфотографирован только в Гринвиче, Гейдельберге и обсерватории Лик.

Гринвичская обсерватория была выбрана для отслеживания хода точных измерений. Но есть один очень ценный инструмент - гелиометр, который в Гринвиче не используется. Это служит для использования в микрометре с двойным изображением и делается путем разделения предметного стекла телескопа по диаметру. Каждая половинка установлена таким образом, чтобы перемещаться на расстояние нескольких дюймов в каждую сторону по дуге, центр которой является фокусом. Можно точно определить величину перемещения. Таким образом, два поля зрения накладываются друг на друга, и корректировка производится для того, чтобы приблизить изображение одной звезды к изображению другой звезды, а затем сделать то же самое путем смещения в противоположном направлении. Общее перемещение стекла-полуобъекта вдвое превышает расстояние между изображениями звезд в фокальной плоскости. Такой инструмент уже давно создан в Оксфорде, и немецкие астрономы широко им пользуются. Но в руках сэра Дэвида Гилла (ныне покойного астронома Его Величества с мыса Доброй Надежды), и особенно в его великих исследованиях Солнечного и звездного параллакса, он был признан инструментом высочайшей точности, позволяющим правильно измерять расстояние между звездами с точностью менее десятой доли секунды дуги.

Превосходство гелиометра над всеми другими приборами (кроме фотографических) для измерения малых углов было особо подчеркнуто исследованиями сэра Дэвида Гилла о расстоянии до Солнца, *то есть* масштабе солнечной системы. Измерение расстояния до любой планеты фиксирует масштаб, и, поскольку Венера приближается к земле наиболее близко из всех планет, раньше предполагалось, что Прохождение Венеры предоставляет наилучшую возможность для такого измерения, тем более что считалось, что, когда Венера войдет в солнечный диск, полоса света вокруг темного диска Венеры позволит провести очень точные наблюдения. Прохождение Венеры в 1874 году, в котором участвовал настоящий автор, опровергло это заблуждение.

В 1877 году сэр Дэвид Гилл использовал гелиометр лорда Кроуфорда на острове Вознесения, чтобы измерить параллакс Марса в противоположном направлении, и обнаружил расстояние до Солнца 93 080 000 миль. Он считал, что, хотя превосходство гелиометра было доказано, результаты были бы еще лучше для световых точек, наблюдаемых малыми планетами, а не для диска Марса.

В 1888-9 годах на Мысе Кейп он наблюдал малые планеты Ирис, Виктория и Сафо и заручился сотрудничеством четырех других гелиометров. Его конечный результат составил 92 870 000 миль, параллакс равнялся 8", 802 (*Cape Obs.*, том VI.).

Эти измерения были настолько тонкими, что Джилл обнаружил незначительную периодическую ошибку теории в двадцать семь дней, вызванную периодически ошибочным положением центров тяжести земли и Луны, к которым относилось положение наблюдателя. Это побудило его скорректировать массу Луны и установить ее отношение к массе Земли = 0,012240.

Другой метод определения расстояния от солнца заключается в измерении скорости орбитального движения Земли, определяющей длину окружности, пройденную за год, и, следовательно, радиус орбиты. Это было сделано путем сравнения наблюдений и эксперимента. Аберрация света составляет угол $20'' 48$, что дает отношение скорости Земли к скорости света. Скорость света составляет 186 000 миль в секунду, следовательно, расстояние до солнца составляет 92 780 000 миль. Однако, по-видимому, существует некоторая неопределенность относительно истинной величины аберрации, любое определение которой сопряжено с нарушениями из-за "сезонных ошибок". Скорость света была экспериментально найдена в 1862 году Физо и Фуко, каждый из которых использовал свой независимый метод. Эти методы были разработаны и найдены новые ценности Корну, Майклсоном, Ньюкомбом и настоящим автором.

Совсем недавно Хальм с мыса Доброй Надежды спектроскопически измерил скорость движения Земли к звезде и от нее с помощью наблюдений, сделанных с интервалом в шесть месяцев. Оттуда он получил точное значение расстояния до солнца.^[5]

Но удивительно неустойчивая малая планета Эрос, открытая Витте в 1898 году, приближается к земле на расстояние 15 000 000 миль с редкими интервалами, и с помощью фотографии мы, несомненно, получим наилучший результат. Большое количество обсерваторий объединилось, чтобы наблюдать противостояние 1900 года. Их результаты еще не полностью восстановлены, но наилучшее значение, полученное на данный момент для параллакса^[6], составляет $8''.807 \pm 0''.0028$.^[7]

СНОСКИ:

[1] В 1480 году Мартин Бехайм из Нюрнберга изготовил свою *астролябию* для измерения широты по наблюдению за солнцем в море. Он состоял из металлического круга с градуировкой, подвешенного на кольце, которое надевалось на большой палец и висело вертикально. Указатель был прикреплен к булавке в центре. Эта рука, называемая *альхидадой*, проходила по градуированному кругу и была направлена к солнцу. Таким образом, была определена высота солнца, и с помощью солнечных таблиц широту можно было определить по наблюдениям, сделанным в кажущийся полдень.

[2] Смотрите иллюстрацию на стр. 76.

[3] Смотрите статью Дрейера об этих приборах в *Copernicus*, том I. Они были украдены немцами после освобождения посольств в 1900 году. Вероятно, лучшее описание этих инструментов содержится в интересном томе, который можно увидеть в библиотеке R. A. S., озаглавленном "*Китайские исследования*" Александра Уилли (Шанхай, 1897).

[4] Сэр Джордж Эйри очень ревниво относился к этому почетному титулу. Он справедливо считал, что одновременно существует только один Королевский астроном, как есть только один

Микадо, один Далай-лама. Он сказал, что Астроном Его Величества на мысе Доброй Надежды, астроном Его Величества в Шотландии и Астроном Его Величества в Ирландии не называются королевскими астрономами.

[5] *Анналы Капской обсерватории*, том х, часть 3.

[6] Параллакс солнца - это угол, уменьшенный на радиус Земли на расстоянии от солнца.

[7] А. Р. Хинкс, R.A.S.; Ежемесячные уведомления, июнь 1909г.

11. ИСТОРИЯ ТЕЛЕСКОПА

Рассказы о замечательных оптических экспериментах Роджера Бэкона (умершего в 1292 году), а в шестнадцатом веке - Диггеса, Баптисты Порты и Антонио де Доминиса (Гранта, *доктора исторических наук.*), заставили некоторых предположить, что они изобрели телескоп. Автор считает, что более вероятно, что эти заметки относятся к своего рода *камере-обскуре*, в которой объектив отбрасывает перевернутое изображение пейзажа на стену.

Первые телескопы были изготовлены в Голландии, их создателем был либо Генри Липперхи,^[1] Захария Янсен, либо Джеймс Метиус, и дата 1608 или более ранняя.

В 1609 году Галилей, находясь в Венеции, услышал об изобретении, вернулся домой, разработал теорию и изготовил аналогичный телескоп. Все эти телескопы были сделаны с выпуклым предметным стеклом и вогнутой линзой для глаз, и этот тип называют галилеевым телескопом. Его недостатки заключаются в том, что у него нет реального фокуса, куда можно было бы поместить поперечные провода, и что поле зрения очень маленькое. Кеплер предложил выпуклую линзу для глаз в 1611 году, а Шайнер утверждал, что использовал ее в 1617 году. Но на самом деле их представил Гюйгенс. В семнадцатом веке телескопы изготавливались огромной длины, достигавшей 300 футов. Гюйгенс также изобрел составной окуляр, носящий его имя, состоящий из двух выпуклых линз для уменьшения сферической аберрации.

Но дефекты цвета оставались, хотя их причина была неизвестна до тех пор, пока Ньютон не провел свои эксперименты по дисперсии и солнечному спектру. Чтобы преодолеть сферическую аберрацию, Джеймс Грегори,^[2] из Абердина и Эдинбурга, в 1663 году в своей работе "*Optica Promota*" предложил отражающее зеркало параболической формы. Но именно Ньютон, примерно в 1666 году, впервые изготовил телескоп-рефлектор; и он сделал это с целью избежать дисперсии цветов.

Прошло некоторое время, прежде чем рефлекторы получили широкое распространение. Паунд и Брэдли использовали один из них, подаренный Королевскому обществу Хэдли в 1723 году. Хоксби, Брэдли и Молино приготовили немного. Но Джеймс Шорт из Эдинбурга сделал много превосходных григорианских отражателей с 1732 года до своей смерти в 1768 году.

Проблема Ньютона с рефракторами, хроматическая аберрация, оставалась непреодолимой до тех пор, пока Джон Доллонд (родился в 1706 году, умер в 1761 году) после многих экспериментов не выяснил, как сделать ахроматическую линзу из двух линз — одной из корончатого стекла, другой из кремневого стекла - чтобы разрушить цвет способом, первоначально предложенным

Эйлером. Вскоре он приобрел большую репутацию благодаря своим телескопам среднего размера, но изготовление линз из кремневого стекла большого размера было затруднено. Первым настоящим изобретателем и конструктором ахроматического телескопа был Честер Мур Холл, который не занимался торговлей и не запатентовал его. К концу восемнадцатого века швейцарцу по имени Гинанд наконец удалось изготовить более крупные диски из кремневого стекла, свободные от борозд. Фрауэнхофер из Мюнхена взял его к себе в 1805 году и вскоре изготовил, среди прочего, дерптский рефрактор Струве диаметром 9,9 дюйма и фокусным расстоянием 13,5 фута, а также другой, диаметром 12 дюймов и фокусным расстоянием 18 футов, для Ламонта из Мюнхена.

В девятнадцатом веке были изготовлены гигантские *отражатели*. Двухфутовый отражатель Ласселя, изготовленный им самим, проделал большую работу и обнаружил четыре новых спутника. Но 6-футовый отражатель лорда Росса с фокусным расстоянием 54 фута, изготовленный в 1845 году, до сих пор остается самым большим из когда-либо созданных. Несовершенство нашей атмосферы препятствует использованию таких больших отверстий, если только это не происходит на высоких горах. За последние полвека из посеребренного стекла были изготовлены превосходные зеркала, и 5-футовое зеркало доктора Коммонда (после его смерти переданное Гарварду) проделало отличную работу. Затем есть 5-футовый Yerkes reflector в Чикаго и 4-футовый by Grubb в Мельбурне.

Переходя теперь от этих больших отражателей к рефракторам, Чанс из Бирмингема, Фейл и Мантуа из Парижа и Шотт из Йены добились дальнейших усовершенствований в производстве стекла; в то время как специалисты по шлифовке линз, такие как Алван Кларк из США и другие, изготовили много больших рефракторов.

Кук из Йорка изготовил предметное стекло диаметром 25 дюймов для Ньюолла из Гейтсхеда, которое великолепно зарекомендовало себя в Кембридже. У нас есть 26-дюймовая модель Washington от Clark, 27-дюймовая модель Vienna от Grubb, 29½-дюймовая модель Nice от Gautier, 30-дюймовая модель Pulkowa от Clark. Затем последовала сенсация с 36-дюймовым рефрактором Кларка для обсерватории Лик в Калифорнии и, наконец, *egotour de force*, 40-дюймовым рефрактором Йеркса для Чикаго.

В Гринвиче есть 28-дюймовый фотографический рефрактор и Thompson equatoreal фирмы Grubb, оснащенные как 26-дюймовым фотографическим рефрактором, так и 30-дюймовым отражателем. На мысе Доброй Надежды мы находим 24-дюймовый рефрактор мистера Фрэнка Маклина с призмой из предметного стекла для спектроскопических исследований.

Было бы неуместно описывать здесь практические приспособления современного экваториала — приспособления для наведения на цель, часы для управления им, позиционный микрометр и различные окуляры, фотографические и спектроскопические приспособления, вращающиеся купола, сиденья для наблюдения, поднимающиеся полы и различные формы крепления, сидеростаты и целостаты и другие удобные приспособления, помимо регистрирующего хронографа и многочисленных приспособлений для облегчения наблюдения. О каждом из них можно было бы написать целую главу; но самая важная часть всего этого предприятия - человек за телескопом, и именно с ним история связана в первую очередь.

СПЕКТРОСКОП.

Со времени изобретения телескопа ни одно открытие не дало такого мощного импульса астрономической физике, как спектроскоп; и в предоставлении нам информации о звездных системах и их собственном движении он соперничает с телескопом.

Фрауэнхофер в начале девятнадцатого века, применяя открытие Доллона для создания больших ахроматических телескопов, изучал рассеяние света призмой. Пропускающий солнечный свет через узкую щель в оконном ставне, перевернутое изображение щели может быть отброшено объективом с подходящим фокусным расстоянием на противоположную стену. Если вставить стеклянный клин или призму, изображение отклоняется в одну сторону; но, как показал Ньютон, изображения, образованные разными цветами, из которых состоит белый свет, отклоняются в разной степени — в наибольшей степени фиолетовый, в наименьшей - красный. Количество цветов, образующих изображения, настолько велико, что на стене образуется непрерывный спектр со всеми цветами — красным, оранжевым, желтым, зеленым, синим, индиго и фиолетовым. Но Фрауэнхофер обнаружил с помощью узкой щели, хорошо сфокусированной линзой, что в белом свете солнца отсутствуют некоторые цвета, и они проявляются темными линиями по всему спектру. Это линии Фрауэнхофера, некоторые из которых он назвал буквами алфавита. Линия D выделена желтым цветом. Эти темные линии в солнечном спектре уже наблюдал Волластон.^[3]

При исследовании искусственного освещения было обнаружено, что раскаленные добела твердые вещества и жидкости (включая углерод, светящийся в белом газовом пламени) дают непрерывные спектры; газы, за исключением случаев, когда они находятся под огромным давлением, дают яркие линии. Если бросить натрий или обычную соль на бесцветное пламя спиртовки, оно приобретет желтый цвет, и его спектр будет представлять собой ярко-желтую линию, совпадающую по положению с линией D солнечного спектра.

В 1832 году сэр Дэвид Брюстер обнаружил, что некоторые из черных линий на солнце усиливаются к заходу солнца, и приписал их поглощению в атмосфере Земли. Он предположил, что остальные возникли из-за поглощения в атмосфере Солнца. В этой связи профессор Дж. Д. Форбс указал, что во время почти полного затмения линии должны быть усилены таким же образом, поскольку эта часть солнечного света, исходящая от его края, проходит большое расстояние в атмосфере солнца. Он попробовал это с кольцевым затмением 1836 года с отрицательным результатом, который никогда не был учтен и который, казалось, опровергал точку зрения Брюстера.

В 1859 году Кирхгоф, повторив эксперимент Фрауэнхофера, обнаружил, что, если поместить на пути света спиртовку с горячей солью, черная линия D усиливается. Он также обнаружил, что если вместо солнечного света использовать прожектор и пропускать его через пламя с солью, в спектре линия D будет черной; или пары натрия поглощают тот же свет, что и он излучает. Это доказало ему существование натрия в атмосфере Солнца.^[4] Таким же образом вскоре были обнаружены железо, кальций и другие элементы.

Были проведены обширные лабораторные исследования (все еще незавершенные) для каталогизации (в соответствии с длиной волны в волновой теории света) всех линий каждого химического элемента при любых условиях температуры и давления. В то же время все линии были занесены в каталог при свете солнца и самых ярких звезд.

Давно известен другой метод получения спектров путем прохождения через решетку из равноудаленных линий, нанесенных на стекло или металл, или отражения от нее. Х. А. Роулэнд разработал искусство построения этих решеток, требующее большого технического мастерства, и за это астрономы в неоплатном долгу перед ним.

В 1842 году Доплер^[5] доказал, что цвет светящегося тела, подобно высоте или ноте звучащего тела, должен изменяться в зависимости от скорости приближения или спада. Каждый заметил на железной дороге, что при встрече со свистом локомотива нота понижается после того, как локомотив проехал. Высота звука или цвет света зависят от количества волн, ударяющих в ухо или глаз за секунду. Это число увеличивается при приближении и уменьшается при отступлении.

Таким образом, сравнивая спектр звезды со спектром водорода, мы можем увидеть все линии и быть уверенными, что в звезде есть водород; однако все линии в спектре звезды могут быть слегка смещены в одну сторону от линий спектра сравнения. Если к фиолетовому концу, это означает взаимное сближение звезды и земли; если к красному концу, это означает спад. Смещение линий не говорит нам, идет ли речь о движении звезды, земли или о том и другом вместе. По смещению измеряемых линий мы можем рассчитать скорость приближения или спада в милях в секунду.

В 1868 году Хаггинсу^[6] удалось таким образом измерить скорости звезд в направлении прямой видимости.

В 1873 году Фогель^[7] сравнил спектры восточного (приближающегося) края Солнца и Западного (удаляющегося) края, и смещение линий подтвердило теорию. Это последнее наблюдение было предложено Зеллнером.

СНОСКИ:

[1] В *Британской энциклопедии* "Телескоп" и в "*Физической астрономии* Гранта" приводятся веские причины для присуждения этой чести Липперхи.

[2] Извинит ли снисходительный читатель анекдот, который может воодушевить некоторых работников, которые, возможно, сочли свою математику неполноценной из-за неумения пользоваться? У племянника Джеймса Грегори Дэвида была куча рукописей "Заметок Ньютона". Они перешли к мисс Грегори из Эдинбурга, которая передала их для изучения настоящему автору, когда была студенткой Кембриджа. После прочтения он одолжил их своему самому доброму другу Дж. К. Адамсу (первооткрывателю Нептуна), чтобы узнать его мнение. Окончательный вердикт Адамса был таков: "Боюсь, они не представляют никакой ценности. Совершенно очевидно, что, когда он писал эти заметки, *математика Ньютона была немного подзабыта.*"

[3] Р. С. Фил. Перевод.

[4] Эксперимент проводился ранее человеком, который не понимал его значения;. Но сэр Джордж Дж. Стоукс уже дал устное объяснение строкам Фраунхофера.

[5] *Abh. d. Kön. Böhm. d. Wiss.*, Bd. ii., 1841-42, p. 467. Смотрите также Физо в *Анн. по химии. et de Phys.*, 1870, p. 211.

[6] *P. C. Фил. Пер.*, 1868.

[7] *Act. Nach.*, No. 1, 864.

КНИГА IV. ФИЗИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

Мы видели, как теория солнечной системы медленно развивалась в результате постоянных усилий человеческого разума выяснить, каковы законы причины и следствия, которыми, по-видимому, связана наша концепция нынешней вселенной и ее развития. В первобытные века простая запись событий на небесах и на земле давала единственную надежду обнаружить те единообразные последовательности, из которых можно было бы вывести правила или законы причины и следствия, на которые можно было бы положиться. Затем наступила геометрическая эпоха, когда искали правила, с помощью которых можно было бы предсказать движение небесных тел. Позже, когда была установлена связь солнца с курсами планет, солнце стали рассматривать как причину; и, наконец, в начале семнадцатого века, впервые в истории, стало признаваться, что законы динамики, в точности такие, какие были установлены для нашего собственного земного мира, действуют с той же жесткой неизменностью, по крайней мере, до пределов солнечной системы.

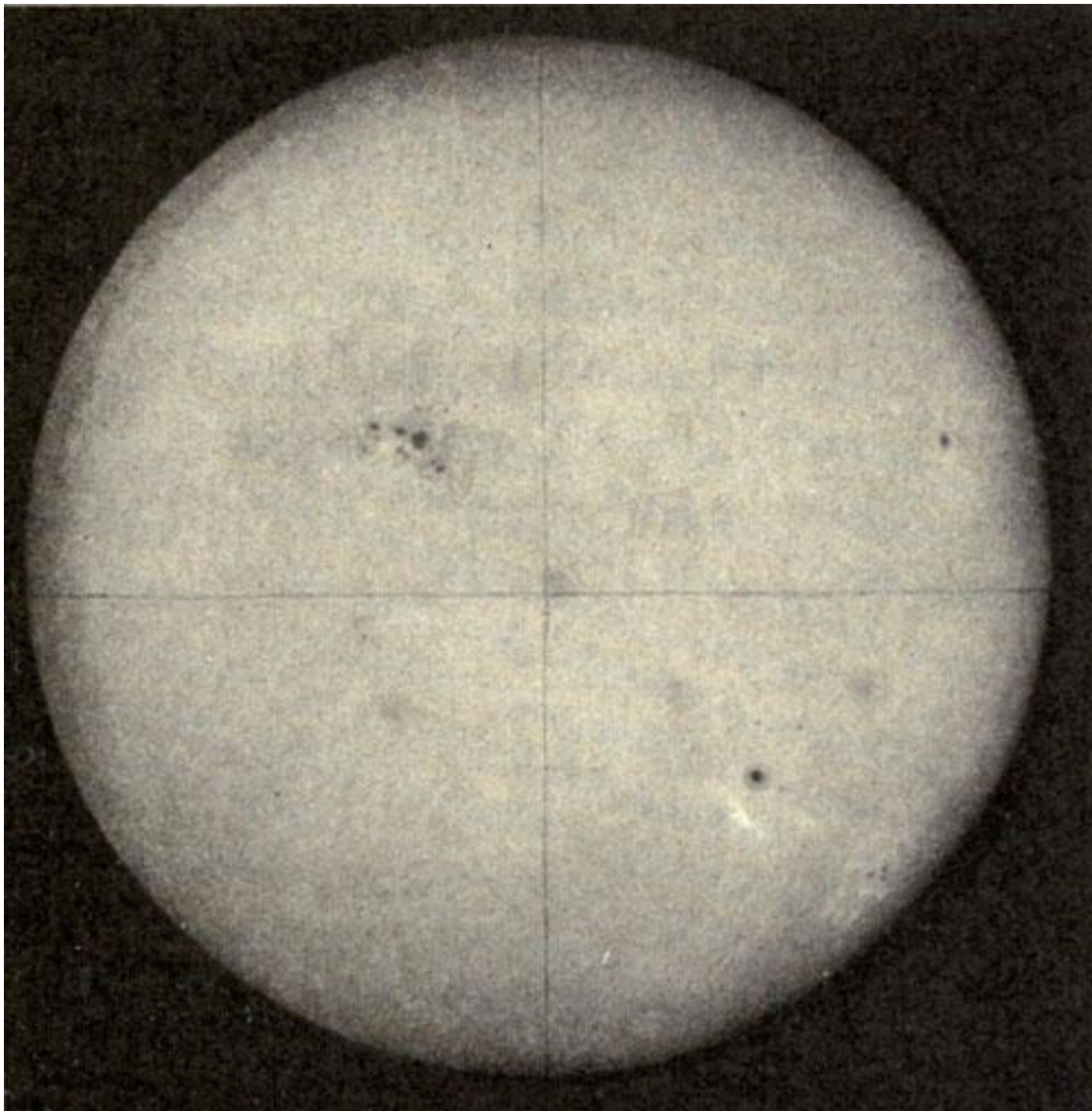
На протяжении всей этой эволюции мысли и гипотез существовало два типа астрономов — те, кто предоставлял факты, и те, кто давал интерпретацию с помощью логики математики. Таким образом, Птолемей во многом зависел от Гиппарха, Кеплер - от Тихо Браге, а Ньютон - от Флемстида.

Когда Галилей направил свой телескоп на небеса, когда Секки и Хаггинс изучали химический состав звезд с помощью спектроскопа, и когда Уоррен Де ла Рю установил фотогелиограф в Кью, мы видим, что прогресс в том же направлении, что и раньше, в эволюции нашей концепции вселенной, был достигнут. Не имея определенного выражения в какую-либо конкретную дату, стало общепринятым фактом, что не только земная динамика применима к небесным телам, но и что законы, которые мы находим установленными здесь, в геологии, химии и в законах теплопроводности, могут быть с уверенностью распространены на небесные тела. Так возникла отрасль астрономии, называемая астрономической физикой, наука, которая берет на себя значительную часть работы телескопа, спектроскопа и фотографии. В этом новом развитии событий более чем когда-либо важно следовать изречению Тихо Браге — не выдвигать теорий до тех пор, пока не будут получены все необходимые факты. Великие астрономы современности все еще придерживаются заявления сэра Исаака Ньютона “*Hypotheses non fingo*”. У каждого могут быть свои подозрения относительно теории, которая поможет ему в ходе наблюдений, и он может назвать ее рабочей гипотезой. Но осторожный астроном не объявляет об этом миру; и историк, конечно, не вправе включать в свои записи те туманные предположения, основанные на неполных данных, которые могут быть опровергнуты завтра и которые, какими бы привлекательными они ни были, часто приносят больше вреда, чем пользы прогрессу истинной науки. Между тем накопление фактов было потрясающим, а открытия телескопа и спектроскопа завораживающими.

12. СОЛНЦЕ.

Одним из самых поразительных открытий Галилея, когда он направил свой телескоп на небесные тела, было открытие пятен неправильной формы на солнце с темной *тенью* в центре и менее темной, но более обширной *полутенью*, окружающей его, иногда с несколькими тенями в одной полутени. Он оставил нам много рисунков этих пятен и определил период их вращения как лунный месяц.

Неизвестно, Галилей, Фабриций или Схимер были первыми, кто увидел пятна. Все они проделали хорошую работу. Было обнаружено, что пятна постоянно меняются по размеру и форме. Иногда, когда пятно исчезает на западном краю солнца, его больше никогда не видно. В других случаях, через две недели, он снова появляется на восточной оконечности. Факулы, или яркие области, которые видны по всей поверхности солнца, но особенно вблизи пятен и наиболее отчетливо вблизи края солнца, были открыты Галилеем. Благодаря высокой телескопической мощности их структура приобретает вид листьев ивы или рисовых зерен, довольно однородных по размеру и более заметных, чем на других участках поверхности солнца.



ПОВЕРХНОСТЬ СОЛНЦА.

Фотография, сделанная в Королевской обсерватории в Гринвиче, показывает солнечные пятна с тенью, полутенью и факулами.

Предположения о причине солнечных пятен не прекращались со времен Галилея до наших дней. Он предположил, что это облака. Шайнер^[1] сказал, что это признаки бурных движений, время от времени взбаламучивающих океан жидкого огня, из которого, по его предположению, состоит солнце.

А. Уилсон из Глазго в 1769 году^[2] заметил движение тени относительно полутени при прохождении пятна по поверхности солнца; точно так, как если бы пятно было впадиной с черным основанием и серыми выступающими сторонами. Это было общепринято, но более поздние исследования опровергли его универсальность. Что касается причины появления этих впадин, Уилсон сказал: —

Зависит ли их первое образование и последующие бесчисленные изменения от извержения упругих паров снизу, или от водоворотов, зарождающихся на поверхности, или от растворения

светящегося вещества в солнечной атмосфере, когда облака плавятся и снова выпускаются нашим воздухом; или, если угодно читателю, от уничтожения и воспроизведения частей этого сверкающего покрывала, остается только догадываться теории.^[3]

С тех пор теория только гадает об этом. Солнечный астроном все еще применяет все инструменты современных исследований, чтобы выяснить, какое из этих предположений или какая модификация любого из них наиболее близка к истине. Препятствие, которое, возможно, является фатальным для реальной теории, заключается в невозможности воспроизвести сравнительные эксперименты в наших лабораториях или в нашей атмосфере.

Сэр Уильям Гершель предложил объяснение наблюдения Вильсона, которое привлекло большое внимание, но которое из уважения к его памяти сейчас не описывается, поскольку оно нарушало элементарные законы теплопроводности.

Сэр Джон Гершель заметил, что пятна в основном ограничены двумя зонами, простирающимися примерно на 35° с каждой стороны экватора, и что зона экваториального затишья свободна от пятен. Но именно Р. К. Кэррингтон^[4] посредством своих непрерывных наблюдений в Редхилле, графство Суррей, установил замечательный факт, что, хотя период вращения в самых высоких широтах, 50° , где видны пятна, составляет двадцать семь с половиной дней, вблизи экватора этот период составляет всего двадцать пять дней. Его великолепный том наблюдений за Солнцем позволил получить много новой информации о среднем распределении пятен в разные эпохи.

Швабе из Дессау начал в 1826 году изучать поверхность Солнца и после многих лет работы пришел к закону частоты, который дал более плодотворные результаты, чем любое открытие в солнечной физике.^[5] В 1843 году он объявил о десятилетнем периоде максимумов и минимумов проявлений солнечных пятен. В 1851 году это было общепринято, и, хотя период в одиннадцать лет был признан более точным, все более поздние наблюдения, помимо более ранних, которые были разысканы с этой целью, направлены на установление истинной периодичности в количестве солнечных пятен. Но совсем недавно Шустер^[6] привел доводы в пользу признания ряда сосуществующих периодов, из которых одиннадцатилетний период был преобладающим в девятнадцатом веке.

В 1851 году Ламонт, шотландец из Мюнхена, обнаружил десятилетний период в суточном диапазоне магнитного склонения. В 1852 году сэр Эдвард Сэбин объявил о аналогичном периоде по количеству "магнитных бурь", затрагивающих все три магнитных элемента — склонение, провал и интенсивность. Австралийские и канадские наблюдения показали десятилетний период во всех трех элементах. Вольф из Цюриха и Готье из Женевы независимо друг от друга пришли к одному и тому же выводу.

Прошло много лет, прежде чем это совпадение было принято старомодными астрономами как нечто большее, чем случайность, которым нужны твердые доказательства для каждой новой теории. Но последние сомнения давно рассеялись, и в дальнейшем была прослежена связь между сильными вспышками солнечной активности и одновременными магнитными бурями.

Вольфом было обнаружено, что частота Северного сияния приходится на тот же период. Фактически, оно тесно связано по своей причине с земным магнетизмом. Вольф также собрал старые наблюдения, прослеживающие периодичность появления солнечных пятен примерно с 1700 года нашей эры.

Шперер вывел закон зависимости средней широты солнечных пятен от фазы периода солнечных пятен.

Все современные наблюдения полного солнечного затмения, по-видимому, показывают, что форма светящейся короны, окружающей Луну в момент полного затмения, имеет особый отчетливый характер во время максимума солнечных пятен и другой, совершенно иной, во время минимума солнечных пятен.

Есть подозрение, что общее количество тепла, получаемого землей от солнца, относится к тому же периоду. Это имело бы далеко идущие последствия для штормов, урожаев, сбора винограда, наводнений и засух; но делать выводы такого рода небезопасно, за исключением очень длительного периода наблюдений.

Фотография Солнца лишила астрономов типа Кэррингтона возможности посвятить работу всей своей жизни сбору данных. Теперь это стало частью рутинной работы обсерватории.

В 1845 году Фуко и Физо сделали дагерротипную фотографию солнца. В 1850 году Бонд поставил одну из "Лун необычайной красоты", Дрейпер предпринял несколько попыток еще раньше. Но астрономическая фотография действительно обязана своим появлением Де ла Рю, который использовал коллодионный процесс для исследования Луны в 1853 году и сконструировал фотогелиограф Кью в 1857 году, с тех пор количество этих инструментов увеличилось, и они дали нам точную запись поверхности Солнца. Сухие пластинки из желатина впервые были использованы Хаггинсом в 1876 году.

Примечательно, что Де ла Рю с самого начала признал ценность стереоскопического зрения, которое, как теперь известно, обладает высочайшей точностью. В 1853 году он объединил пары фотографий Луны в одной и той же фазе, но при разных условиях либрации, показав луну с несколько разных точек зрения. Они в стереоскопе демонстрировали весь рельеф, возникающий при бинокулярном зрении, и выглядели как твердый земной шар. В 1860 году он использовал последовательные стереоскопические фотографии полного солнечного затмения, чтобы доказать, что красные протуберанцы принадлежат солнцу, а не Луне. В 1861 году он аналогичным образом объединил две фотографии солнечного пятна, эффект перспективы показал, что тень подобна полу на дне полый полутени; и в одном случае было обнаружено, что факулы проплывают над пятном, очевидно, на довольно значительной высоте. Эти явления могут быть частично вызваны правильным движением; но, насколько это возможно, это было прекрасным подтверждением открытия Уилсона. Хьюлетт, однако, в 1894 году, после тридцати лет работы, показал, что пятна не всегда являются углублениями, поскольку они очень подвержены нарушениям.

Фотографии Кью^[7] предоставили огромное количество информации о солнечных пятнах, и они показали, что факулы обычно следуют за пятнами в их вращении вокруг солнца.

Строение солнечной фотосферы, слоя, который является основным источником света на солнце, всегда вызывало большой интерес; и многое было сделано людьми с исключительно острым зрением, такими как мистер Доуз. Но это был сложный вопрос из-за быстрых изменений внешнего вида так называемых рисовых зерен диаметром около 1 дюйма. Быстрые преобразования и круговращения этих рисовых зерен, если их тщательно изучить, могли бы привести к гораздо лучшему знанию физики Солнца. Это казалось почти безнадежным, поскольку через несколько минут в суматохе оказалось невозможным идентифицировать какое-

либо “рисовое зернышко”. Но М. Хански из Пулковой (чья недавняя смерть вызывает сожаление) успешно внедрил схему фотографии, которую почти можно назвать солнечным кинематографом. Он фотографировал солнце с интервалом в пятнадцать-тридцать секунд, а затем увеличил выбранные участки в двести раз, получив изображение, соответствующее солнечному диску диаметром шесть метров. На этих увеличенных снимках он смог проследить движение, изменение формы и яркости отдельных рисовых зерен. Некоторые зернышки становятся крупнее или мельче. Некоторые, кажется, как бы выступают из тумана и становятся яснее. Другие становятся слабее. Некоторые разделены надвое. Некоторые из них поворачиваются на прямой угол за минуту или меньше, хотя каждое из зерен может быть размером с Великобританию. Обычно они движутся группами с очень разными скоростями, до сорока километров в секунду. Эти движения, по-видимому, имеют определенное отношение к любым солнечным пятнам по соседству. Исходя из уже полученных результатов, представляется несомненным, что, если этот метод наблюдения будет продолжен, он не может не дать фактов величайшей важности.

Здесь совершенно невозможно отдать должное работе всех тех, кто занимается астрономической физикой. Максимум, что можно предпринять, - это дать четкое представление о направлениях человеческой мысли и стремлений. За последние полвека Америка добилась замечательного прогресса, и совершенно новый процесс изучения фотосферы был независимо усовершенствован профессорами Хейлом из Чикаго и Деландресом из Парижа.^[8] Им удалось сфотографировать поверхность солнца в монохроматическом свете, таком как свет, испускаемый в виде одной из ярких линий водорода или кальция, с помощью “Спектрогелиографа”. Спектроскоп помещается так, чтобы его щель находилась в фокусе экваториального телескопа, направленного на солнце, так что круглое изображение солнца попадает на щель. На другом конце спектроскопа находится фотопластинка. Непосредственно перед этой пластинкой есть еще одна щель, параллельная первой, в том месте, куда попадает изображение первой щели, образованной линией кальция К. Таким образом, получается фотография сечения солнца, сделанная первой щелью, только при К-м освещении. Когда изображение солнца проходит через первую щель, фотографическая пластинка перемещается с той же скоростью и в том же направлении за вторую щель; и по мере того, как последовательные участки изображения солнца в экваториальной области попадают в аппарат, эти участки последовательно располагаются на своем надлежащем месте на фотопластинке, всегда при К-свете. При использовании высокой дисперсии факулы, испускающие К-образный свет, могут быть правильно сфотографированы не только на краю солнца, но и по всей его поверхности. Фактический механический метод проведения наблюдения не так прост, как то, что здесь описано.

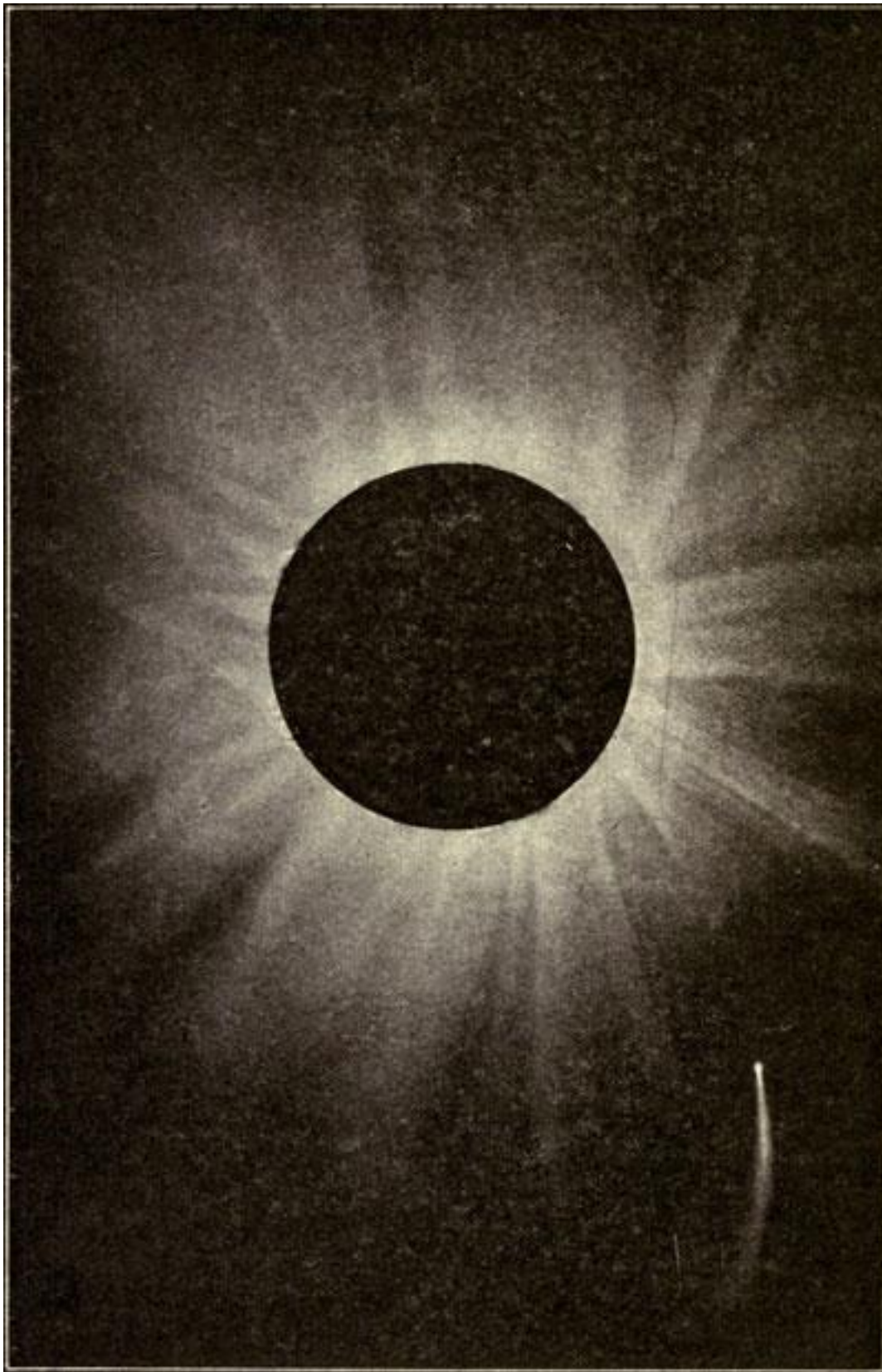
Выбирая другую линию спектра вместо кальциевой К — например, линию водорода $H_{(3)}$ — мы получаем две фотографии, на одной из которых видны хлопья кальция, а на другой - хлопья водорода на одной и той же части поверхности Солнца; и нет ничего более удивительного, чем отметить полное отсутствие сходства в формах, изображенных на двух. Этот метод исследования обещает предоставить много новых и полезных данных.

Спектроскоп выявил тот факт, что, вообще говоря, солнце состоит из тех же материалов, что и земля. Ангстрем был первым, кто нанес на карту все линии, которые можно найти в солнечном спектре. Но Роулэнд из Балтимора, после того как усовершенствовал искусство изготовления

настоящих решеток с равноудаленными линиями, нанесенными на металл для получения спектров, затем приступил к составлению карты солнечного спектра в крупном масштабе.

В 1866 году Локьер^[9] поместил изображение солнца в щель спектроскопа и, таким образом, получил возможность сравнить спектр пятна с спектром общей поверхности Солнца. Наблюдение показало, что темнота пятна вызвана повышенным поглощением света не только в темных линиях, которые расширены, но и во всем спектре. В 1883 году Янг превратил эту непрерывную неясность в бесконечное количество тонких линий, которые все были теневым образом прослежены на общей поверхности солнца. Локьер также обнаружил смещения линий спектра в пятнах, такие, которые могли бы быть вызваны быстрым движением в зоне прямой видимости. Было обнаружено, что имеют место как восходящие, так и нисходящие потоки, но в солнечном пятне нет заметного преобладания ни того, ни другого. Скорость движения, указанная таким образом на линии видимости, иногда кажется равной 320 милям в секунду. Но следует помнить, что давление газа оказывает некоторое влияние на смещение спектральных линий. Поэтому мы должны продолжать собирать данные, пока не придет время, когда значение всех фактов не станет ясным.

Полные солнечные затмения.—Во время полных солнечных затмений время настолько короткое, а обстоятельства настолько впечатляющие, что рисункам внешнего вида не всегда можно доверять. Красные протуберанцы зазубренной формы, которые видны по краям Луны, и корона с расходящимися или переплетающимися лентами содержат много деталей, которые вряд ли можно передать на эскизе. С помощью фотографии можно сделать ряд записей во время прохождения тотальности. Из их изучения видно, что в одном случае протяженность короны простирается по меньшей мере на шесть диаметров Луны, хотя глаз проследил ее дальше. Эта корона до сих пор остается одним из чудес астрономии и вызывает множество вопросов. Какова ее консистенция, если она простирается на многие миллионы миль от поверхности Солнца? Как получилось, что он не оказал никакого сопротивления движению комет, которые почти касались поверхности Солнца? Это источник зодиакального света? Было показано, что характер короны на фотографических снимках зависит от фазы периода появления солнечных пятен. Во время максимума солнечных пятен корона, по-видимому, наиболее развита над зонами пятен, то есть ни на экваторе, ни на полюсах. Четыре больших пучка света придают ему квадратный вид и состоят из лучей или перьев, нежных, как лепестки цветка. Во время минимума кажется, что туманное кольцо состоит из пучков тонких волосков с эгретками или излучениями от обоих полюсов и серпантинами от экватора.



СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ, 1882.

С рисунка У. Х. Уэсли, секретаря Королевской академии наук; показаны протуберанцы, корона и неизвестная комета.

19 сентября 1868 года спектроскопия затмений началась с индийского затмения, во время которого все наблюдатели обнаружили, что красные протуберанцы демонстрируют яркий линейчатый спектр, указывающий на присутствие водорода и других газов. Это было так ярко, что Янсен воскликнул: “Я верен этим линиям - я в дебрях клипсов”. А на следующий день он заметил линии на краю незакрытого солнца. Хаггинс предложил это наблюдение в феврале 1868 года, его идея состояла в том, чтобы использовать призмы с такой большой рассеивающей способностью, чтобы непрерывный спектр, отражаемый нашей атмосферой, был значительно ослаблен, в то время как яркая линия не пострадала бы от уменьшения высокой дисперсии. 20 октября Локьер,^[10] получив новости о затмении, но не о наблюдениях Янсена на следующий день, смог увидеть эти линии. Это было великолепное представление, поскольку оно позволяло наблюдать протуберанцы не только во время затмений, но и каждый день. Более того, на следующий год Хаггинс смог, используя широкую щель, увидеть выступ целиком и отметить его форму. Протуберанцы классифицируются, в зависимости от их формы, на “огненные” и “облачные” протуберанцы, спектр последних показывает кальций, водород и гелий; спектр первых включает ряд металлов.

Линия D натрия представляет собой двойную линию, и в том же затмении (1868 г.) была замечена оранжевая линия, которая, как впоследствии было обнаружено, находится близко к двум компонентам линии D. Он не соответствовал ни одному известному земному элементу, и неизвестный элемент назывался “гелий”. Только в 1895 году сэр Уильям Рамзи обнаружил этот элемент в виде газа в минерале кливите.

Спектр короны частично непрерывный, что указывает на свет, отраженный от тела Солнца. Но на нем также показана зеленая линия, соответствующая неизвестному земному элементу, и веществу, вызывающему его, было дано название “корониум”.

Благодаря фотографии и спектроскопу к нашим знаниям о Солнце добавилось огромное количество фактов. Было предложено множество предположений и гипотез, но, возможно, пройдет много времени, прежде чем мы разработаем полную теорию, объясняющую все явления, связанные со штормовой металлической атмосферой Солнца.

Протоколы научных обществ изобилуют подобными фактами и “рабочими гипотезами”, и лучшие из них были собраны мисс Клерк в ее *Истории астрономии девятнадцатого века*. Что касается установленных фактов, мы узнаем из спектроскопических исследований (1), что непрерывный спектр получен из *фотосферы* или газообразного материала солнца, сжатого почти до жидкой консистенции; (2) что *обращающий слой* окружает его и приводит к появлению черных линий в спектре; что *хромосфера* окружает это, состоит в основном из водорода и является причиной красных протуберанцев во время затмений; и что газообразная *корона* окружает все это и простирается на огромные расстояния за пределы видимой поверхности Солнца.

СНОСКИ:

[1] Роза Урсина, К. Шайнер, *fol.*; Браччани, 1630.

[2] R. S. Phil. Пер..., 1774.

[3] Там же, 1783.

[4] *Наблюдения над пятнами на Солнце и др.*, 4°; Лондон и Эдинбург, 1863.

[5] *Periodicität der Sonnenflecken. Astron. Nach.* XXI., 1844, P. 234.

[6] *R.S. Phil. Пер.* (сер. А), 1906, с. 69-100.

[7] “Исследования по физике Солнца” Де ла Рю, Стюарта и Лоуи; *R. S. Phil. Пер.*., 1869, 1870.

[8] “Солнце, сфотографированное на линии К”; *Знание*, Лондон, 1903, стр. 229.

[9] *R. S. Proc.*, xv., 1867, стр. 256.

[10] *Акад. де Ск.*, Париж; *C. R.*, lxvii., 1868, стр. 121.

13. ЛУНА И ПЛАНЕТЫ.

Луна.—Телескопические открытия о Луне начинаются с открытия Галилеем того, что на ее поверхности, как и на земле, есть горы и долины. Он также обнаружил, что, хотя она всегда поворачивается к нам одним и тем же лицом, периодически она слегка поворачивается, чтобы мы могли немного разглядеть восточный или западный край. Это называлось *либрацией*, и объяснение было ясным, когда стало понятно, что, показывая нам всегда одно и то же лицо, она *равномерно* совершает один оборот в месяц вокруг своей оси и что ее оборот вокруг земли *неравномерен*.

Галилей сказал, что горы на Луне имеют большую разницу в уровне, чем горы на Земле. Шретер поддержал это мнение. У. Гершель выступил против него. Но Бир и Мэдлер измерили высоту лунных гор по их теням и обнаружили четыре из них на высоте более 20 000 футов над окружающими равнинами.

Лангрениус^[1] был первым, кто серьезно занялся селенографией, и назвал лунные объекты в честь выдающихся людей. Риччоли также составлял лунные карты. В 1692 году Кассини составил карту полнолуния. С тех пор у нас есть карты Шретера, Бира и Медлера (1837) и Шмидта из Афин (1878); и, прежде всего, фотографический атлас Лоуи и Пюизе.

Для обсуждения подробностей о поверхности Луны требуется целая книга, подобная книге Нейсона или книге Нэсмита и Карпентера. Здесь должно быть достаточно нескольких слов. Горные хребты, подобные нашим Андам или Гималаям, встречаются редко. Вместо этого мы видим огромное количество круглых полостей с неровными краями и плоской внутренней частью, часто с конусом в центре, напоминающих моментальные фотографии всплеска капли воды, падающей в бассейн. Многие из них имеют пятьдесят или шестьдесят миль в поперечнике, некоторые больше. Обычно говорят, что они напоминают кратеры вулканов, действующих или потухших, на земле. Но некоторые из тех, кто наиболее полно изучил формы кратеров, полностью отрицают их сходство с круглыми объектами на Луне. Видно, что эти так называемые кратеры во многих местах тесно сгруппированы, особенно в белоснежных частях Луны. Но есть большие гладкие темные пространства, подобные чистому черному льду на пруду, более свободные от кратеров, которым было дано столь же неподходящее название морей. Самый заметный кратер, *Тихо*, находится недалеко от южного полюса. В полнолуние

видно, как от Тихо исходят многочисленные полосы света, или “лучи”, прорезающие все горные образования и простирающиеся на полную половину лунного диска, подобно звездообразным трещинам, образовавшимся на ледяном покрове в результате удара. Подобные трещины расходятся от других крупных кратеров. Следует отметить, что эти белые лучи хорошо видны только при ярком солнечном свете в полнолуние, точно так же, как белый снег в расщелинах ледника виден ярким издали только тогда, когда солнце стоит высоко, и исчезает на закате. Затем появляются глубокие, узкие, извилистые “ручейки”, которые, возможно, были водотоками; также “расщелины” шириной около полумили и часто длиной в сотни миль, похожие на глубокие трещины на поверхности, идущие прямо через горы и долины.

Луна разделяет с Солнцем то преимущество, что она является хорошим объектом для фотосъемки, в отличие от планет. Это связано с ее большим видимым размером и обилием освещения. Следствием этого является то, что мельчайшие детали Луны, видимые в самый большой телескоп в мире, могут быть воспроизведены по доступной для всех цене.

Никаких определенных изменений никогда не наблюдалось; но были высказаны некоторые подозрения, особенно в отношении небольшого кратера *Линне* в *Безмятежном море*. В настоящее время общепризнано, что от рисунков нельзя ожидать никакой определенности и что для получения реальных доказательств мы должны дожидаться вердикта фотографии.

На Луне не обнаружено никаких следов воды или атмосферы. Возможно, температура слишком низкая. В любом случае, смещения звезды в результате атмосферной рефракции при затенении точно зафиксировано не было. Луна кажется мертвой.

Расстояние Луны от земли как раз сейчас является предметом повторного измерения. Базовая линия проходит от Гринвича до мыса Доброй Надежды, и введенной новой функцией является выбор определенной точки на кратере (*Mösting A*) вместо края Луны в качестве точки, расстояние до которой необходимо измерить.

Низшие Планеты.— Когда был изобретен телескоп, фазы Венеры привлекали большое внимание; но яркость этой планеты и ее близость к солнцу, как и в случае с Меркурием, по-видимому, были препятствием для обнаружения отметок, по которым можно было определить ось и период вращения. Кассини определил время вращения как двадцать три часа, наблюдая яркое пятно на своей поверхности. Шретер определил его как 23 часа 21 минуту 19 секунд. Это значение было поддержано другими. В 1890 году Скиапарелли^[2] объявил, что Венера вращается, подобно нашей Луне, один раз в одном из своих оборотов и всегда обращена к солнцу одной и той же стороной. Это свойство также приписывалось Меркурию; но ни в том, ни в другом случае доказательства не были общепринятыми. Двадцать четыре часа, вероятно, равны периоду обращения каждой из этих планет.

Несколько наблюдателей утверждали, что видели планету внутри орбиты Меркурия либо во время прохождения над поверхностью Солнца, либо во время затмения. Он даже получил название *Вулкан*. Этим объявлениям было бы уделено мало внимания, если бы не тот факт, что движение Меркурия имеет неровности, которые не были учтены известными планетами; и Леверье^[3] заявил, что планета внутри Меркурия или кольцо астероидов объясняли бы необъяснимую часть движения линии апсид орбиты Меркурия, составляющую 38 дюймов в столетие.

Марс. Первое исследование внешнего вида Марса Миральди привело его к мысли, что в двух белых шапках, которые видны на полюсах планеты, происходят изменения. У. Гершель приписал эти шапки льду и снегу, а даты его наблюдений указывают на таяние этих ледяных шапок марсианским летом.

Шротер приписал другие отметины на Марсе дрейфующим облакам. Но Бир и Медлер в 1830-39 годах определили, что одни и те же темные пятна всегда находятся в одном и том же месте, хотя иногда их размывает туман местной зимой. Пятно, зарисованное Гюйгенсом в 1672 году, часто видимое У. Гершелем в 1783 году, другое Араго в 1813 году, и почти все отметины, зафиксированные Беером и Медлером в 1830 году, были замечены и нарисованы Ф. Кайзером в Лейдене во время семнадцати ночей противостояния 1862 года (*Ast. Nacht.*, № 1468), откуда он вывел, что период вращения равен 24 ч. 37 м. 22 с., 62 — или на одну десятую секунды меньше периода, выведенного Р. А. Проктором по рисунку Гука 1666 года.

Следует отметить, что, если периоды вращения Меркурия и Венеры составляют около двадцати четырех часов, что представляется вероятным, все четыре ближайшие к Солнцу планеты вращаются за один и тот же период, в то время как крупные планеты вращаются примерно за десять часов (Уран и Нептун пока не определены).

Общая поверхность Марса темно-желтого цвета, но есть темно-серые или зеленоватые пятна. Сэр Джон Гершель был первым, кто приписал красноватый цвет Марса его почве, а не атмосфере.

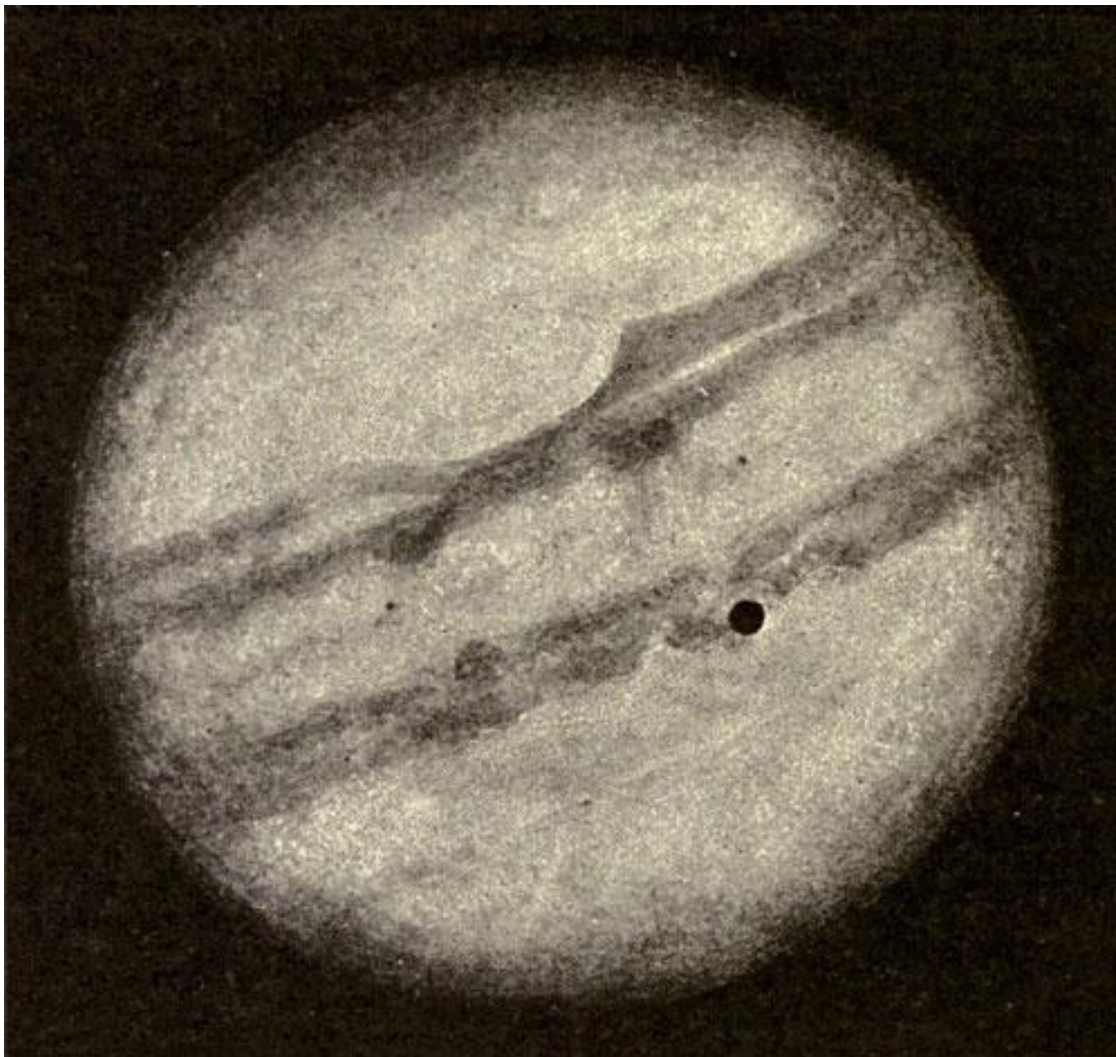
Наблюдения этого зоркого наблюдателя Доуза привели к составлению первой хорошей карты Марса в 1869 году. В 1877 году оппозиция Скиапарелли возродила интерес к планете, открыв каналы шириной около шестидесяти миль, идущие, как правило, большими кругами, некоторые из которых достигают трех-четырёх тысяч миль в длину. Во время противостояния 1881-2 годов тот же наблюдатель повторно наблюдал за каналами, и в двадцати из них он обнаружил дублирование каналов,^[4] второй канал всегда находился на расстоянии 200-400 миль от своего собрата.

Существование этих каналов вызывало сомнения. Мистер Лоуэлл посвятил этому вопросу годы, рисовал их снова и снова и фотографировал; и принимает объяснение, что они искусственные и что на их берегах растёт растительность. Таким образом, возродился старый спор между Уэвеллом и Брюстером относительно обитаемости планет. Новые аргументы пока не получили всеобщего признания. Лоуэлл считает, что с помощью спектроскопа доказал существование воды на Марсе.

Одно из самых неожиданных и интересных телескопических открытий произошло в противостоянии 1877 года, когда Марс находился необычно близко к земле. Вашингтонская обсерватория приобрела прекрасный 26-дюймовый рефрактор, и Асаф Холл искал спутники, скрывая диск планеты, чтобы избежать яркого света. 11 августа у него возникло подозрение на наличие спутника. Это было подтверждено 16-го, а на следующую ночь было добавлено второе. Они чрезвычайно слабые, и их можно увидеть только в самые мощные телескопы и только во время противостояния. Их диаметр оценивается в шесть или семь миль. Вскоре было обнаружено, что первый, Деймос, завершает свою орбиту за 30 ч. 18 м. Но другой, Фобос, поначалу был загадкой из-за того, что о его невероятной скорости никто и не подозревал. Позже было обнаружено, что период обращения составил всего 7 ч. 39 м. 22 с. Поскольку

марсианские сутки составляют двадцать четыре с половиной часа, это приводит к замечательным результатам. Очевидно, что движение спутника на восток преобладает над суточным вращением планеты, и обитателям Фобоса, если они существуют, должно казаться, что он восходит на западе и заходит на востоке, показывая две или даже три полные луны в день, так что для обычных жизненных целей можно достаточно точно определить час дня по его фазам.

Открытие этих двух спутников, пожалуй, самое интересное телескопическое визуальное открытие, сделанное с помощью больших телескопов за последние полвека; фотография была средством обнаружения всех других новых спутников, за исключением пятого спутника Юпитера (в порядке открытия).



ЮПИТЕР.

С рисунка Э. М. Антониади, показывающего прохождение тени спутника, поясов и “большого красного пятна” (*Ежемесячные уведомления*, R. A. S., vol. lix., pl. x.).

Юпитер.—За открытием Галилеем спутников Юпитера последовало открытие его поясов. Цукки и Торричелли, похоже, видели их. Фонтана в 1633 году сообщил о трех поясах. В 1648 году Гримальди видел только два и заметил, что они лежат параллельно эклиптике. Темные пятна

также были замечены как преходящие. Гук^[5] измерил движение одного из них в 1664 году. В 1665 году Кассини с помощью прекрасного телескопа с фокусным расстоянием 35 футов наблюдал множество пятен, движущихся с востока на запад, из чего он пришел к выводу, что Юпитер вращается вокруг оси, подобной земной. Он наблюдал необычно постоянное пятно в течение двадцати девяти оборотов и зафиксировал период в 9 часов 56 минут. Позже он сделал вывод, что пятна вблизи экватора вращаются быстрее, чем пятна в более высоких широтах (то же самое, что Кэррингтон обнаружил для солнца); и У. Гершель подтвердил это в 1778-9 годах.

Быстрое вращение Юпитера, согласно теории Ньютона, должно сопровождаться значительным уплощением полюсов. Кассини отметил овальную форму в 1691 году. Это было подтверждено Ла Хиром, Ремером и Пикардом. Паунд измерил эллиптичность = $1/(13.25)$.

У. Гершель предположил, что пятна представляют собой скопления облаков в атмосфере — мнение, которое все еще принято. Многие из них были очень постоянными. Большое пятно Кассини исчезало и появлялось девять раз в период с 1665 по 1713 год. Оно находилось недалеко от северной границы южного пояса. Гершель предположил, что пояса представляют собой тело планеты, а более светлые части - облака, ограниченные определенными широтами.

В 1665 году Кассини наблюдал прохождение четырех спутников, а также видел их тени на планете и разработал лунную теорию для Юпитера. Математические астрономы проявили большой интерес к возмущениям спутников, потому что их относительные периоды влекут за собой особые эффекты. Эйри в своей восхитительной книге "*Гравитация*" свел эти исследования к простым геометрическим объяснениям.

В 1707 и 1713 годах Миральди заметил, что яркость четвертого спутника сильно меняется. У. Гершель обнаружил, что это изменение зависит от его положения на орбите, и пришел к выводу, что в слабых положениях он всегда представляет нам часть своей поверхности, которая плохо отражает солнечный свет; доказывая, что он всегда обращен к Юпитеру одной и той же стороной, как в случае с нашей луной. Этот факт также был установлен для пятого спутника Сатурна и может быть справедлив для всех спутников.

В 1826 году Струве измерил диаметры четырех спутников и обнаружил, что они равны 2429, 2180, 3561 и 3046 милям.

В наше время большой интерес проявляют к наблюдению за соперником знаменитого объекта Кассини. "Большое красное пятно" было впервые замечено Нистеном, Притчеттом и Темпелем в 1878 году как розовое облако, прикрепленное к беловатой зоне под темной южной экваториальной полосой, по форме напоминающее новые военные аэростаты, длиной 30 000 миль и 7000 миль в поперечнике. На следующий год он стал кирпично-красным. Белое пятно рядом с ним завершило оборот на 5 с половиной минут быстрее, чем красное пятно, — разница в 260 миль в час. Таким образом, они собирались снова каждые шесть недель, но движения не были единообразными. Пятно было слабым в 1882-4 годах, прояснилось в 1886 году и, после многих изменений, все еще видно.

Великое открытие Галилеем четырех спутников Юпитера было последним словом в этой связи до 9 сентября 1892 года, когда Барнард, используя 36-дюймовый рефрактор обсерватории Лик, обнаружил крошечное световое пятно, движущееся вплотную к планете. Это оказался новый спутник (пятый), более близкий к планете, чем любой другой, и обращающийся вокруг нее за 11 часов 57 минут 23 секунды. Между его восходом и заходом должен быть интервал в $2\frac{1}{2}$

юпитерианских дня и два или три полнолуния. Шестой и седьмой спутники были обнаружены при исследовании фотопластинок в обсерватории Лик в 1905 году, с тех пор их непрерывно фотографировали и отслеживали их орбиты в Гринвиче. Изучая эти пластины в 1908 году, м-р Мелотт обнаружил восьмой спутник, который, по-видимому, вращается по ретроградной орбите в три раза дальше от своей планеты, чем следующий (седьмой), и в этих двух точках совпадает с самым удаленным из спутников Сатурна (Фиби).

Сатурн.—Эта планета с ее изумительным кольцом была, пожалуй, самым замечательным объектом из тех, что впервые были исследованы телескопом Галилея. За ним последовал Доминик Кассини, который обнаружил полосы, подобные поясам Юпитера. Гершель установил вращение планеты в 1775-94 годах. Из наблюдений в течение ста оборотов он установил, что период составляет 10 ч. 16 м. 0 с., 44. Гершель также измерил отношение полярного диаметра к экваториальному как 10: 11.

Кольцо было полной загадкой для Галилея, особенно когда планета достигла положения, при котором плоскость кольца совпадала с плоскостью земли, и кольцо исчезло (4 декабря 1612 года). Только в 1656 году Гюйгенс в своей небольшой брошюре *"О новой обсерватории Луны Сатурна"* смог предложить в виде шифра форму кольца; а в 1659 году в своей *"Системе Сатурния"* он привел свои доводы и перевел шифр: "Планета окружена тонким плоским кольцом, повсюду отличным от ее поверхности и наклоненным к эклиптике". Эта теория объясняла все фазы кольца, которые озадачивали других. Это кольцо было тогда и остается с тех пор уникальной структурой. Мы в наш век привыкли к этому. Но открытие Гюйгенса было воспринято с изумлением.

В 1675 году Кассини обнаружил, что кольцо двойное, концентрические кольца разделены черной полосой — факт, который не оспаривался Гершелем, который также обнаружил, что толщина кольца составляет угол меньше 0".3. Шретер оценил его толщину в 500 миль.

Было выдвинуто множество предположений, объясняющих происхождение и строение кольца. Де Сежур сказал^[6], что он был выброшен с экватора Сатурна в виде жидкого кольца, а затем затвердел. Он заметил, что внешняя часть будет иметь большую скорость и меньше притягиваться к планете, чем внутренние части, и что равновесие будет невозможно; поэтому он предположил, что она затвердела, превратившись в несколько концентрических колец, внешние из которых имеют наименьшую скорость.

Клерк Максвелл в эссе на соискание премии Адамса привел физико-математическую демонстрацию того, что кольца должны состоять из метеоритного вещества, такого как гравий. Тем не менее, должны происходить столкновения, поглощающие энергию вращения и приводящие к тому, что кольца в конечном итоге падают на планету. Более медленное движение внешних частей было доказано спектроскопом в руках Килера в 1895 году.

Сатурну, возможно, уделили больше внимания, чем следовало, благодаря этим кольцам. Это привело к другим открытиям. Гюйгенс в 1655 году и Дж. Д. Кассини в 1671 году открыли шестой и восьмой спутники (Титан и Япет). Кассини потерял свой спутник и в поисках его нашел Рею (пятую) в 1672 году, помимо своего старого друга, которого он снова потерял. Он добавил третий и четвертый в 1684 году (Тетис и Диона). Первый и второй (Мимас и Энцелады) были добавлены Гершелем в 1789 году, а седьмой (Гиперион) одновременно Ласселем и Бондом в 1848 году.

Девятая (Фиби) была обнаружена Пикерингом на фотографиях 1898 года с ретроградным движением; недавно он добавил десятую.

В ходе расследования было установлено, что случайные исчезновения Япета Кассини происходят по тем же причинам, что и исчезновения четвертого спутника Юпитера, и доказывают, что он всегда обращен к планете одной и той же стороной.

Уран и Нептун. Великолепные открытия Урана и двух спутников сэром Уильямом Гершелем в 1787 году и Нептуна Адамсом и Леверье в 1846 году уже были описаны. Лассель добавил еще два спутника к Урану в 1851 году и обнаружил спутник Нептуна в 1846 году. Все спутники Урана имеют ретроградное движение, и их орбиты наклонены примерно на 80° к эклиптике.

Спектроскоп показал существование поглощающей атмосферы на Юпитере и Сатурне, и есть подозрения, что они в чем-то напоминают Солнце и излучают какой-то свет помимо отражения солнечного. На обеих планетах некоторые линии поглощения, по-видимому, совпадают с линиями водяных паров нашей собственной атмосферы; в то время как одна из них, представляющая собой ярко выраженную красную полосу, общую для обеих планет, по-видимому, совпадает с линией в спектре некоторых красноватых звезд.

Уран и Нептун трудно наблюдать спектроскопически, но, по-видимому, у них своеобразные спектры, совпадающие друг с другом. Иногда на Уране видны линии Фраунгофера, указывающие на отраженный солнечный свет. Но обычно их не видно, и появляются шесть широких полос поглощения. Одна из них - это F. водорода; другая - линия красных звезд Юпитера и Сатурна. Нептун - очень сложный объект для спектроскопа.

Совсем недавно^[7] П. Лоуэлл объявил, что В. М. Слайферу из обсерватории Флагстафф удалось в 1907 году сделать некоторые пластины чувствительными далеко к красному. Воспроизводятся сфотографированные спектры четырех самых удаленных планет, показывающие (1) большое количество новых линий и полос; (2) усиление линий F. и C. водорода; (3) неуклонное усиление эффектов (1) и (2) по мере перехода от Юпитера и Сатурна к Урану и еще большее увеличение Нептуна.

Астероиды.—Описано открытие этих новых планет. В начале прошлого века было огромным триумфом поймать новую. С тех пор как Wolf привлекла фотографов к работе, их каждый год ловят косяками. Это похоже на разницу между морской ловлей с помощью лески и использованием парового траулера. В альманахи 1908 года включено почти семьсот астероидов. Вычисление их возмущений и эфемерид с помощью метода переменных элементов Эйлера и Лагранжа стало настолько трудоемким, что Энке разработал для них специальный процесс, который может быть применен ко многим другим возмущенным орбитам.^[8]

Когда делается фотография области неба, включающей астероид, звезды фотографируются как точки, потому что телескоп приспособлен следить за их движением; но астероиды при их надлежащем движении выглядят как короткие линии.

Открытие Эроса и фотографическая атака на его траекторию были описаны в связи с определением расстояния до Солнца.

Недавно была обнаружена группа из четырех астероидов, среднее расстояние и период которых равны расстоянию до Юпитера. Трех из этих мужских имен были даны — Гектор, Патрокл, Ахилл; имя другого еще не названо.

СНОСКИ:

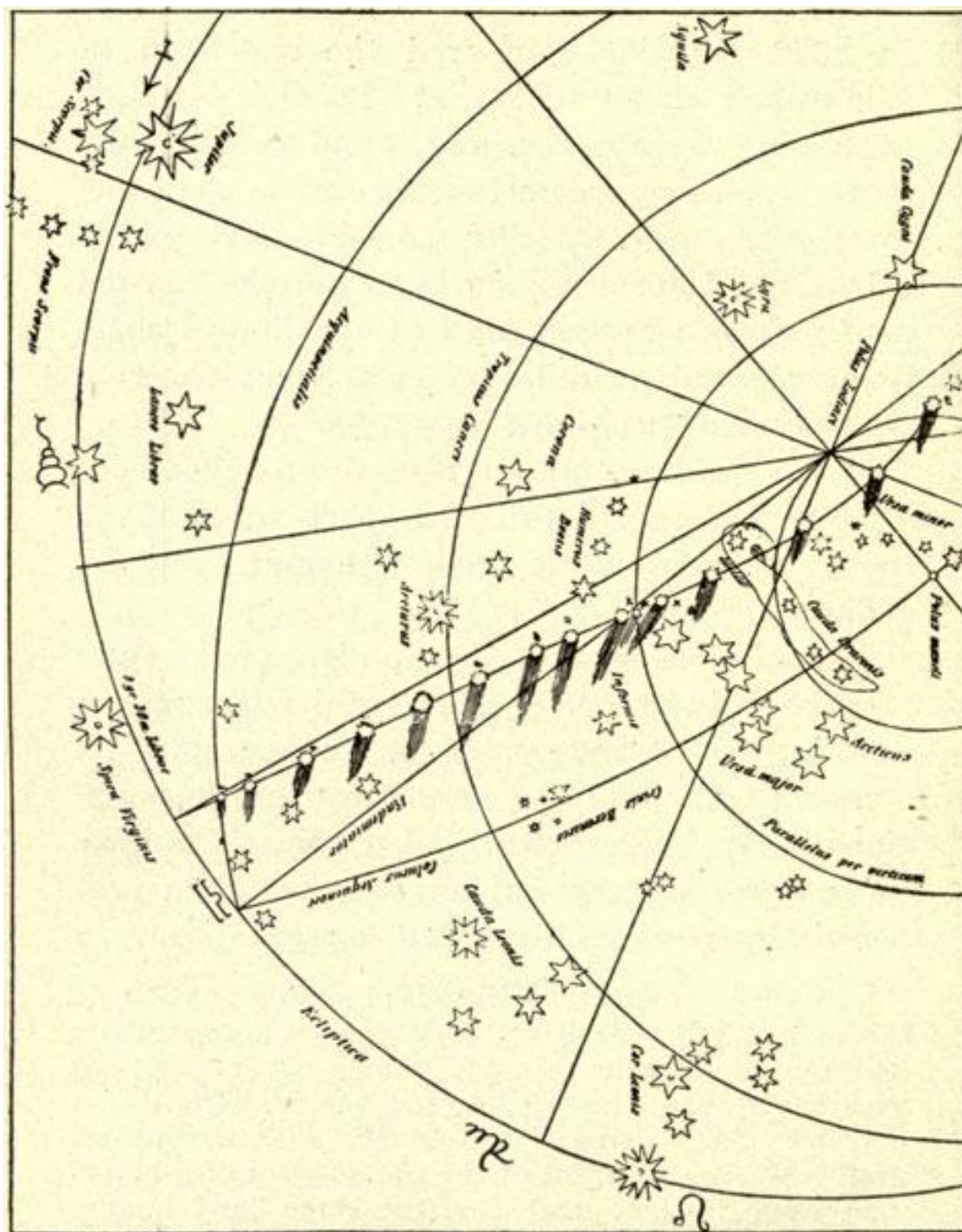
- [1] Langrenus (van Langren), F. Selenographia sive lumina austriae philippica; Bruxelles, 1645.
- [2] *Астр. Nach.*, 2,944.
- [3] *Акад. des Sc.*, Paris; C.R., lxxxiii., 1876.
- [4] *Памятка. Спец. Итал.*, xi., стр. 28.
- [5] *R. S. Phil. Пер...*, № 1.
- [6] *Грантовская история. доктор философии.*, стр. 267.
- [7] *Природа*, 12 ноября 1908г.
- [8] *Аст. Нач.*, № 791, 792, 814, перевод Дж. Б. Эйри. *Наука. Альманах.*, Приложение, 1856.

14. КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ.

С тех пор как Галлей обнаружил, что комета 1682 года была членом солнечной системы, эти удивительные объекты вызвали новый интерес у астрономов; и сравнение орбит часто указывало на возвращение кометы и приводило к обнаружению эллиптической орбиты, где отличие от параболы было незаметно на небольшой части орбиты, видимой нам.

Примечательным примером является комета 1556 года, в идентичности которой с кометой 1264 года не могло быть особых сомнений. Хинд хотел рассчитать орбиту более точно, чем это сделал Галлей. Он знал, что наблюдения были сделаны, но они были утеряны. После того как он выразил желание провести поиск, все наблюдения Фабрициуса и Хеллера, а также карта пути кометы среди звезд были в конце концов обнаружены самым невероятным образом после того, как были утеряны почти триста лет назад. Хинд и другие были уверены, что эта комета вернется между 1844 и 1848 годами, но она так и не появилась.

Когда спектроскоп впервые применили для определения состава небесных тел, было большое желание выяснить, из чего состоят кометы. Первая возможность представилась в 1864 году, когда Донати наблюдал спектр кометы и увидел три яркие полосы, доказав тем самым, что она газовая и, по крайней мере, частично самосветящаяся. В 1868 году Хаггинс сравнил спектр кометы Виннеке со спектром трубки Гейслера, содержащей олефиновый газ, и обнаружил точное совпадение. Почти все кометы показали одинаковый спектр.^[1] Очень немногие кометы дали спектры ярких полос, отличающиеся от обычного типа. Также был замечен определенный вид непрерывного спектра, а также отраженный солнечный свет, показывающий линии Фраунгофера.



КОПИЯ РИСУНКА, СДЕЛАННОГО ПАУЛЕМ ФАБРИЦИУСОМ.

Для определения пути кометы 1556 года. Утерянный на 300 лет, этот рисунок был восстановлен длительными усилиями мистера Хинда и профессора Литтроу в 1856 году.

Когда комета Уэллса в 1882 году приблизилась действительно очень близко к Солнцу, спектр изменился на монохроматический желтый цвет из-за содержания натрия.

Для получения полного отчета о чудесах кометного мира читателя отсылают к книгам по описательной астрономии или к монографиям о кометах.^[2] Здесь также нельзя приводить

весьма неопределенные предположения о структуре хвостов комет. Новое объяснение предлагалось почти каждый раз, когда делалось великое открытие в теории света, тепла, химии или электричества.

Комета Галлея оставалась единственной, предсказание возвращения которой подтвердилось, пока орбита маленькой, нечетко очерченной кометы, обнаруженной Понсом в 1819 году, не была рассчитана Энке и не оказалось, что период обращения составляет $3 \frac{1}{3}$ года. Было предсказано, что она вернется в 1822 году, и он признал ее идентичной многим предыдущим кометам. Эта комета, названная в честь Энке, при каждом своем возвращении демонстрировала необъяснимое уменьшение среднего расстояния, что приводило к утверждению о сопротивляющейся среде в космосе до тех пор, пока не было найдено лучшее объяснение.^[3]

С тех пор было обнаружено четырнадцать комет с эллиптическими орбитами, афелиальные расстояния которых примерно равны среднему расстоянию Юпитера; и у шести афелиальное расстояние примерно на десять процентов больше, чем среднее расстояние Нептуна. Другие кометы аналогичным образом связаны с планетами Сатурн и Уран.

Физические превращения комет относятся к числу самых удивительных необъяснимых небесных явлений. Но для астрономов-физиков наибольший интерес представляет уменьшение радиус-вектора кометы Энке, расщепление кометы Биелы на две кометы в 1846 году и несколько похожее поведение других комет. Следует, однако, отметить, что кометы имеют разумный размер, что все их части не могут двигаться по абсолютно одинаковой орбите под действием силы притяжения Солнца и что их массы недостаточно для того, чтобы с большой силой удерживать части вместе; также что неизбежное столкновение частиц или трение жидкости поглощает энергию и, таким образом, снижает скорость кометы.

В 1770 году Лекселл открыл комету, которая, как впоследствии было доказано исследованиями Лекселла, Бурхардта и Лапласа, в 1767 году была отклонена Юпитером с орбиты, на которой она была невидима с земли, на орбиту с периодом в 5 с половиной лет, что позволило ее увидеть. В 1779 году он снова приблизился к Юпитеру ближе, чем некоторые из его спутников, и был отправлен на другую орбиту, чтобы больше никогда не быть узанным.

Но наш интерес к кометным орбитам усилился благодаря открытию, что в силу только что приведенных причин комета, если она не распадается на отдельные части, как у Биелы, со временем ее части должны быть распределены так, чтобы покрыть значительную часть орбиты, и что, когда земля проходит через такую часть орбиты кометы, результатом является метеорный поток.

12-13 ноября 1833 года в Америке был замечен великолепный метеоритный дождь, когда казалось, что все пути метеоров расходятся от точки в созвездии Льва. Аналогичное зрелище было засвидетельствовано Гумбольдтом и Бонпланом в Мексике 12 ноября 1799 г. Х. А. Ньютон проследил эти записи до 13 октября 902 г. н.э. Было указано орбитальное движение облака или потока мелких частиц. Период, за который выступал Х. А. Ньютон, составлял $354 \frac{1}{2}$ дня; другое предположение составляло $375 \frac{1}{2}$ дня и еще $33 \frac{1}{2}$ года. Он заметил, что смещение даты ливня между 902 и 1833 годами со скоростью один день в семьдесят лет означало прогрессирование узла орбиты. Адамс взялся подсчитать, какова будет сумма на основе всех пяти предположений, которые были сделаны относительно данного периода. После кропотливой работы он

обнаружил, что ни один из них не дает одного дня за семьдесят лет, за исключением периода в 33 с половиной года, который дает это в точности. Х. А. Ньютон предсказал возвращение ливня в ночь с 13 на 14 ноября 1866 года. Сейчас он мертв, но многие из нас живы и помнят то изумление и энтузиазм, с которыми мы наблюдали, как это предсказание сбылось в результате самого грандиозного метеоритного явления, которое когда-либо видел кто-либо из ныне живущих.

The *Прогрессирование* узлов доказало, что путь метеорного потока был ретроградным. *Радант* имел почти точную долготу точки, к которой двигалась Земля. Это доказывало, что метеорное скопление находилось в перигелии. Поскольку период был известен, можно было получить эксцентриситет орбиты, а также орбитальную скорость метеоров в перигелии; и, сравнивая это со скоростью Земли, широта радианта позволяла определить наклон, в то время как долгота земли в ту ночь была долготой узла. Таким образом, Скиапарелли смог первым обнаружить элементы орбиты августовского метеорного потока (Персеиды) и показать его идентичность с орбитой кометы Таттла 1862 года.ⁱⁱⁱ Затем, в январе 1867 года, Леверье дал элементы ноябрьского метеорного потока (Леониды); и Питерс из Альтоны идентифицировал их с элементами Оппольцера для кометы Темпеля 1866 года — Скиапарелли независимо достиг обоих этих результатов. Впоследствии Вайс из Вены идентифицировал метеорный поток 20 апреля (Лириды) с кометой 1861 года. Наконец, неутомимый исследователь метеоров А. С. Гершель пополнил это число и в 1878 году составил список из семидесяти шести совпадений между орбитами комет и метеоритов.

Кометная астрономия в настоящее время в значительной степени обязана фотографии не только точным описанием формы, но и фактически открытием большинства из них. Это искусство также применялось для наблюдения за кометами на расстояниях от их перигелия, настолько больших, что затрудняло их визуальное наблюдение. Так Вольф из Гейдельбурга обнаружил на старых табличках положение кометы 1905 г.в. как звезды 15,5 звездной величины за 783 дня до даты ее открытия. С точки зрения важности определения отклонения орбиты кометы от параболы, ее периода и расстояния до афелия, это увеличение дальности достигает самого высокого значения.

Нынешний Королевский астроном, понимая эту возможность, занимается фотографированием кометы Галлея с ноября 1907 года, хотя ее прохождение по перигелию произойдет только в апреле 1910 года.

СНОСКИ:

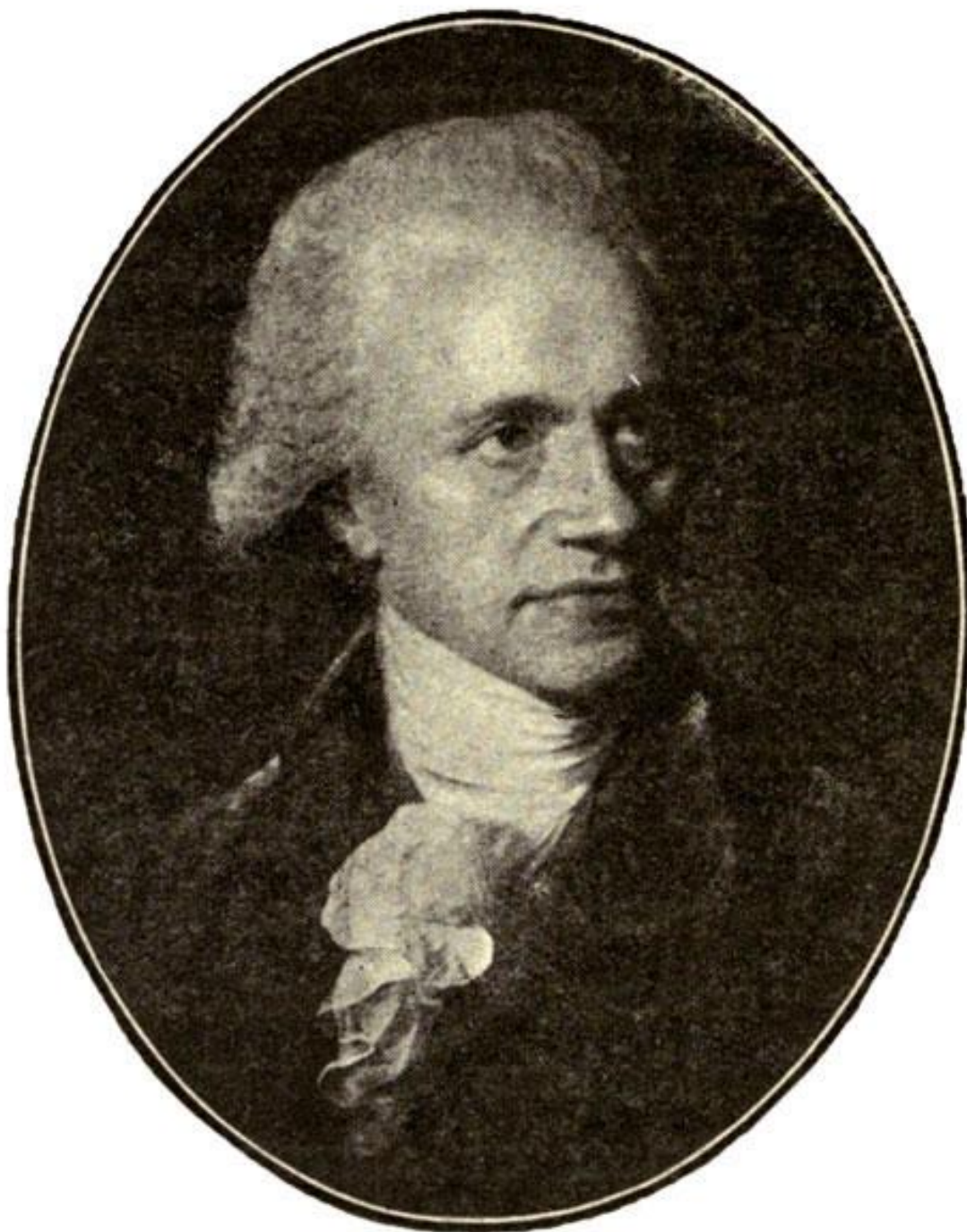
[1] В 1874 году, когда писатель пересекал Тихий океан в "Скауте" Х.М.С., неожиданно появилась комета Когджи, и (пока полковник Тапмен определял ее местоположение с помощью секстанта) он безуспешно пытался использовать призму портативного спектроסקопа прямого обзора, пока ее не поднесли к стеклу бинокля, когда, к его великой радости, были отчетливо видны изображения в трех полосах.

[2] Такие, как "Мир комет" А. Гильмена; "История комет" Г. Р. Хинда, Лондон, 1859; "Театральный кометикум" С. де Любеница, 1667; "Кометография", Пингре, Париж, 1783; "Комета Донати", Бонд.

[3] Исследования Фон Астена (из Санкт-Петербурга), похоже, подтверждают, а более поздние, особенно исследования Баклунда (также из Санкт-Петербурга), похоже, дискредитируют идею сопротивляющегося медиума.

15. НЕПОДВИЖНЫЕ ЗВЕЗДЫ И ТУМАННОСТИ.

За пределами нашей солнечной системы, которая, по-видимому, подвержена действию тех же сил, что и те, которые мы наблюдаем на нашем земном шаре, остается бесчисленное множество неподвижных звезд, туманностей и туманных скоплений звезд. К ним было более пристально направлено внимание астрономов с тех пор, как телескопы были так сильно увеличены. Фотография также позволила проделать огромный объем работы за сравнительно короткий период, а спектроскоп дал им средства не только для изучения химического состава небес, но и для обнаружения любого движения в пределах прямой видимости со скоростью менее мили в секунду и выше у любой звезды, какой бы удаленной она ни была, при условии, что она достаточно яркая.



СЭР УИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ, Ф.Р.С.—1738-1822.

Картина Лемюэля Ф. Эбботта; Национальная портретная галерея, зал XX.

В области телескопических открытий за пределами нашей Солнечной системы никто так не расширил наши знания, как сэр Уильям Гершель, которому мы обязаны величайшим открытием в динамической астрономии звезд, а именно, что закон всемирного тяготения распространяется на самые отдаленные звезды и что многие из них описывают эллиптические орбиты друг относительно друга. У. Гершель родился в Ганновере в 1738 году, приехал в Англию в 1758 году опытным музыкантом и умер в 1822 году. Он изучал науку, когда мог, и брал напрокат

телескоп, пока не научился делать собственное зеркало и телескопы. За двадцать один год он изготовил 430 параболических зеркал. Он обнаружил 2500 туманностей и 806 двойных звезд, подсчитал звезды в 3400 измерительных полях и сравнил основные звезды фотометрически.

Некоторые из вещей, которыми он известен больше всего, были результатом тех несчастных случаев, которые случаются только с неутомимым энтузиастом. Таково было открытие Урана, которое привело к выделению средств на постройку его 40-футового телескопа, после чего в 1786 году он поселился в Слау. Точно так же, пытаясь обнаружить годовой параллакс звезд, он потерпел неудачу в этом стремлении, но обнаружил двойные системы звезд, вращающихся по эллипсам друг вокруг друга; точно так же, как атака Брэдли на звездный параллакс потерпела неудачу, но привела к открытию аберрации, нутации и истинной скорости света.

Параллакс. —Отсутствие звездного параллакса было серьезным возражением против любой теории движения Земли до времен Кеплера. Верно, что сама теория Кеплера могла бы быть геометрически выражена с таким же успехом, если бы земля или любая другая точка были неподвижны. Но в случае Кеплера явно подразумеваемая физическая теория движения планет, даже до того, как Ньютон объяснил простоту используемой концепции, сделала астрономов вполне готовыми отказаться от притязаний на строгое доказательство движения Земли путем измерения годового параллакса звезд, на котором они настаивали в связи с возрождением Коперником идеи орбитального движения Земли.

Тем не менее, желание измерить этот параллакс только усилилось из-за практической уверенности в его существовании и неоднократных неудач. Попытки Брэдли провалились. Попытки Пиацци и Бринкли,^[1] в начале девятнадцатого века, также потерпели неудачу. Первые успехи, впоследствии подтвержденные, были достигнуты Бесселем и Хендерсоном. Оба использовали звезды, собственное движение которых было обнаружено как большое, поскольку это доказывало их близость. Хендерсон на мысе Доброй Надежды наблюдал α Центавра, годовое собственное движение которого, как он обнаружил, составило 3,6 в 1832-3 годах; а несколько лет спустя вывел его параллакс $1''.16$. Его преемник на мысе Доброй Надежды Маклир уменьшил это значение до $0''.92$.

В 1835 году Струве присвоил Веге (α Лире) сомнительный параллакс $0''.261$. Но наблюдения Бесселя между 1837 и 1840 годами 61 Лебеда, звезды с большим собственным движением более $5''$, установили, что ее годовой параллакс равен $0''.3483$; и это было подтверждено Питерсом, который нашел значение $0''.349$.

Более поздние определения для α_2 Центавра, сделанные Джиллом,^[2] дают его параллакс $0''.75$ — Это ближайшая известная неподвижная звезда; и ее свету требуется $4\frac{1}{3}$ года, чтобы достичь нас. Световой год принимается за единицу измерения на звездном небе, поскольку среднее расстояние до Земли является “астрономической единицей” для солнечной системы.^[3] Собственные движения и параллаксы в совокупности говорят нам о скорости движения этих звезд по линии прямой видимости: α Центавра $14,4$ мили в секунду = $4,2$ астрономических единицы в год; 61 Лебеда $37,9$ мили в секунду = $11,2$ астрономических единицы в год. Эти успехи привели к возобновлению рвения, и теперь расстояния до многих звезд известны более или менее точно.

Несколько самых ярких звезд, которые, как можно было бы ожидать, являются ближайшими, не показали параллакса, равного двадцатой угловой доле секунды. Среди них Канопус, α Орионис,

α Лебедь, β Центавра и γ Кассиопея. Аудеманс опубликовал список наблюдаемых параллакс.^[4]

Правильное движение.—В 1718 году Галлей^[5] обнаружил правильное движение Арктура и Сириуса. В 1738 году Дж. Кассинис^[6] показал, что первый переместился на пять минут по дуге с тех пор, как Тихо Браге зафиксировал его положение. В 1792 году Пиацци отметил движение β 1 Лебедя, как указано выше. Долгое время наибольшее наблюдаемое собственное движение было у маленькой звезды Грумбридж 1830, почти 7 дюймов в год; но с тех пор было обнаружено, что другие достигают 10 дюймов.

Теперь спектроскоп позволяет обнаруживать движение звезд при одном наблюдении, но только ту часть движения, которая находится в пределах прямой видимости. Для получения полного представления о движении звезды необходимо также знать правильное движение и параллакс.

Когда Хаггинс впервые применил принцип Доплера для измерения скоростей на линии прямой видимости,^[7] нечеткость спектров звезд снижала точность; но Фегель в 1888 году в значительной степени преодолел это за счет длительной экспозиции фотопластинок.

Часто замечалось, что звезды, которые кажутся принадлежащими к группе почти одинаковой величины, имеют одинаковое собственное движение. Спектроскоп показал, что они также часто имеют одинаковую скорость на линии видимости. Таким образом, в Большой Медведице β , γ , δ , ϵ , ζ все совпадают относительно собственного углового движения. δ было слишком слабым для спектроскопического измерения, но было показано, что все остальные приближаются к нам со скоростью от двенадцати до двадцати миль в секунду. То же самое было доказано для собственного движения и движения по линии прямой видимости в случае Плеяд и других групп.

Маскелайн измерил множество собственных движений звезд, на основании чего У. Гершель^[8] пришел к выводу, что эти видимые движения по большей части обусловлены движением солнечной системы в пространстве к точке в созвездии Геркулеса, 257° R.A.; 25° N. Decl. Это грандиозное открытие получило исчерпывающее подтверждение, и, хотя мнения относительно точного направления расходятся, оказывается, что точка, впервые указанная Гершелем на основании совершенно недостаточных данных, хорошо согласуется с современными оценками.

Сравнивая собственные движения и параллаксы, чтобы получить действительную скорость каждой звезды относительно нашей системы, К.Л. Струве обнаружил, что вероятная скорость движения Солнечной системы в пространстве составляет пятнадцать миль в секунду, или пять астрономических единиц в год.

Работа Гершеля в этом вопросе была проверена путем сравнения спектроскопических скоростей на линии прямой видимости, которые, с точки зрения движения солнца, дали бы максимальную скорость приближения для звезд вблизи Геркулеса, максимальную скорость удаления для звезд в противоположной части неба и никакого эффекта для звезд, находящихся на полпути между ними. Таким образом, спектроскоп в целом подтвердил представление Гершеля о направлении и установил скорость в одиннадцать миль в секунду, или почти четыре астрономические единицы в год.

Было обнаружено, что среднее собственное движение звезды первой величины составляет $0''.25$ в год, а звезды шестой величины - $0''.04$. Но то, что все яркие звезды находятся ближе, чем

все маленькие, или что по этой причине они демонстрируют большее собственное движение, оказывается далеким от истины. В связи с этим было проведено много статистических исследований, и от такого лечения в руках Каптейна из Гронингена и других можно ожидать интересных результатов.^[9]

Анализируя направления собственного движения звезд во всех частях неба, Каптейн показал^[10], что они указывают, помимо движения солнца в направлении Геркулеса, на два общих смещения звезд в почти противоположных направлениях, которые можно обнаружить в любой части неба. Этот результат был подтвержден независимыми данными Эддингтона (*R.A.S., M.N.*) и Дайсона (*R.S.E. Proc.*).

Фотография обещает помочь в измерении параллакса и правильных движений. Герр Пульфрих из фирмы Carl Zeiss значительно расширил применение стереоскопического зрения в астрономии — предмете, которым Де ла Рю занялся на заре фотографии. Он создал стереокомпаратор огромной красоты и удобства для стереоскопического сравнения двух фотографий звезд, сделанных в разные даты. Вольф из Гейдельберга использовал его для многих целей. Его исследования в зависимости от движения Солнца в пространстве замечательны. Он фотографирует звезды в направлении, перпендикулярном линии движения Солнца. Он сделал фотографии одного и того же региона с разницей в четырнадцать лет, причем два положения его камеры находились на двух концах базовой линии на расстоянии более 5 000 000 000 миль друг от друга, или пятидесяти шести астрономических единиц. При стереоскопическом рассмотрении некоторые звезды выходят за пределы общей плоскости звезд и кажутся намного ближе. Таким образом, многие звезды кажутся подвешенными в пространстве на разных расстояниях, точно соответствующих их реальным расстояниям от нашей солнечной системы, за исключением случаев, когда этому мешает их собственное движение. Эффект наиболее поразительный; точность измерения превышает точность любого другого метода измерения таких перемещений, и кажется, что с большим интервалом времени преимущество метода возрастает.

Двойные звезды. Большой класс двойных звезд всегда был предметом пристального изучения любителей, отчасти из-за их красоты и цвета, а отчасти как тест на определение в телескоп. Среди множества необъяснимых звездных проблем есть одна, замеченная у двойных звезд, которая, по мнению некоторых, может пролить свет на звездную эволюцию. Дело вот в чем: есть много случаев, когда одна звезда из пары сравнительно слабая, а две звезды контрастируют по цвету; и в каждом отдельном случае общий цвет слабого компаньона неизменно следует относить к цветам, более близким к синему концу спектра, чем у главной звезды.

Двойные звезды.—Сэр Уильям Гершель начал свои наблюдения за двойными звездами в надежде обнаружить годовой параллакс звезд. В этом он следовал предложению Галилея. Предполагается, что, если между звездами пары нет физической связи, самая большая является ближайшей и имеет наибольший параллакс. Таким образом, отмечая расстояние между парой в разное время года, обеспечивается деликатный тест параллакса, на который не влияют серьезные инструментальные ошибки.

Гершель действительно обнаружил изменения расстояния, но не характера, указывающего на параллакс. После этого путем дальнейших наблюдений он обнаружил, что движения не были равномерными или прямолинейными, и путем четкого анализа движений он установил замечательный и совершенно неожиданный факт, что во всех этих случаях движение

происходит из-за вращения вокруг их общего центра тяжести.^[11] Он дал приблизительный период обращения некоторых из них: Кастора - 342 года; δ Сербентиса - 375 лет; γ Леониса - 1200 лет; ε Бутиса - 1681 год.

Двадцать лет спустя сэр Джон Гершель и сэр Джеймс Саут, после повторного изучения этих звезд, подтвердили^[12] и расширили результаты: одна пара Корон за этот промежуток времени совершила более целого оборота.

Таким образом, именно сэру Уильяму Гершелю мы обязаны распространением закона всемирного тяготения за пределы солнечной системы на всю вселенную. Его наблюдения были подтверждены Ф.Г.В. Струве (родился в 1793 г., умер в 1864 г.), который продолжал работу в Дерпте. Но сначала Савари,^[13] а позже Энке и сэру Джону Гершелю, мы обязаны вычислением эллиптических элементов этих звезд; также полученной в результате идентификации их закона силы с ньютоновской силой тяготения, применяемой к солнечной системе, и силой, которая заставляет яблоко падать на землю. Как говорит Грант Уэлл в своей *Истории*: “Можно справедливо утверждать, что это одна из самых возвышенных истин, которые астрономическая наука до сих пор раскрыла для исследований человеческого разума”.

В последнее время лучшая работа по двойным звездам была проделана С. В. Бернхэмом,^[14] в обсерватории Лик. Самый короткий период, который он нашел, составлял одиннадцать лет (к пегасы). В случае некоторых из этих двойных систем был измерен параллакс, из чего следует, что в четырех наиболее достоверных случаях орбиты примерно равны размеру орбиты Урана, вероятно, это одни из самых маленьких звездных орбит.

Поскольку было доказано, что закон всемирного тяготения распространяется и на звезды, стало возможным открытие (подобное открытию Нептуна по своему происхождению, хотя и отличающееся от него по трудозатратам и оригинальности расчетов), поражающее воображение, и было реализовано Бесселем — открытие неизвестного тела по его гравитационному возмущению на том, которое было видно. В 1834 и 1840 годах он начал подозревать отсутствие единообразия в собственном движении Сириуса и Прочиона соответственно. В 1844 году в письме сэру Джону Гершелю^[15] он объяснил эти нарушения в каждом конкретном случае притяжением невидимого спутника, период обращения Сириуса которого составляет около полувека. Позже он сказал: “Я придерживаюсь убеждения, что Прочион и Сириус образуют реальные двойные системы, состоящие из видимой и невидимой звезды. Нет оснований предполагать, что светимость является существенным качеством космических тел. Видимость бесчисленных звезд не является аргументом против невидимости бесчисленного множества других”. Эта грандиозная концепция побудила Питерса более точно рассчитать орбиту и определить место невидимого спутника Сириуса. В 1862 году Алван Г. Кларк испытывал новый 18-дюймовый объектив (сейчас в Чикаго) на Сириусе и, ничего не зная об этих предсказаниях, действительно обнаружил спутника в том самом месте, которое ему было назначено. В 1896 году компаньон Прочиона был открыт профессором Шеберле в обсерватории Лик.

Теперь, благодаря уточненным определениям параллакса Джилла на мысе Кейп, мы знаем, что параллакс Сириуса равен 0".38. Исходя из этого, было подсчитано, что масса Сириуса равна двум нашим солнцам, а его собственная яркость равна двадцати солнцам; но спутник, имеющий массу, равную нашему солнцу, имеет лишь пятисотую часть яркости Солнца.

Спектроскопические двойные системы.—При измерении скорости звезды на линии прямой видимости с частыми интервалами были обнаружены периодические колебания, что привело к предположению о движении вокруг невидимого спутника. Фогель в 1889 году обнаружил это на примере Спика (α Virginis), период обращения которой составляет 4.0 ч. 19 м., а диаметр орбиты - шесть миллионов миль. С тех пор было обнаружено огромное количество двоичных файлов этого типа, все за короткий период.

Кроме того, в 1889 году Пикеринг обнаружил, что с регулярными интервалами в пятьдесят два дня линии в спектре ζ Большой Медведицы дублируются, указывая на относительную скорость, равную ста милям в секунду, двух вращающихся друг вокруг друга компонентов, из которых должна состоять эта, по-видимому, единственная звезда.

Несомненно, было бы интересно подробно проследить за накоплением знаний о расстояниях, собственном движении и орбитах звезд; но это должно быть сделано в другом месте. Было сказано достаточно, чтобы показать, как накапливаются результаты, которые со временем должны раскрыть нам различные звездные системы и их взаимоотношения.

Переменные звезды. В истории различных отраслей физической науки часто случалось, что наблюдение и эксперимент настолько опережали теорию, что, казалось, воцарялась безнадежная путаница; и тогда один случайный результат давал ключ к разгадке, и с этого времени все различия и трудности в предыдущих исследованиях выступали как естественные следствия, объясняя друг друга в рациональной последовательности. Итак, мы обнаруживаем, что параллакс, собственное движение, двойные звезды, двойные системы, переменные звезды и новые звезды связаны друг с другом.

Логическое и необходимое объяснение, данное причине обычных спектроскопических двойных звезд и нерегулярных собственных движений Сириуса и Прокциона, приводит к выводу, что если бы плоскость такой двойной орбиты когда-либо была обращена к нам, то должно было бы происходить затмение светящегося партнера всякий раз, когда между нами оказывается несветящийся партнер. Это должно привести либо к перебоям в освещении звезды, либо к ее изменчивости. Именно предположением о существовании темного компаньона Алгола его первооткрыватель, Гудрик из Йорка,^[16] в 1783 году объяснил переменные звезды этого типа. Алгол (β Персей) завершает период переменной яркости за 68,8 часа. Он теряет три пятых своего света и восстанавливает его за двенадцать часов. В 1889 году Фогель^[17] с помощью потсдамского спектрографа действительно обнаружил, что светящаяся звезда удаляется перед каждым затмением и приближается к нам после каждого затмения; таким образом, полностью поддерживая мнение Гудрика. Существует множество переменных типа Алгол, и информация постоянно накапливается. Но не все переменные звезды подвержены внезапным изменениям Алгола. Существует много типов, и объяснить другие оказалось не так-то просто.

Фотографии Гарвардского колледжа показали огромную распространенность изменчивости, и это, безусловно, одно из направлений, в котором должны развиваться современные открытия.

Робертс из Южной Африки проделал великолепную работу над периодами переменных типа Алгол.

Новые звезды. —Крайними примерами переменных звезд являются новые звезды, такие как те, что были обнаружены Гиппархом, Тихо Браге и Кеплером, многие из которых были обнаружены за последние полвека. Одна из последних великих “Новых звезд” была обнаружена в Ауриге

шотландцем доктором Андерсоном 1 февраля 1892 года, и со скромностью, свойственной его расе, он сообщил об этом астроному Его Величества в Шотландии на почтовой открытке без подписи.^[18] Его спектр наблюдался и фотографировался Хаггинсом и многими другими. Он был полон ярких линий водорода, кальция, гелия и других, не идентифицированных. Поразительным фактом было то, что линии были показаны парами, яркими и темными, на слабом непрерывном спектре, что, по-видимому, указывало на то, что темное тело, приближающееся к нам со скоростью 550 миль в секунду^[19], пересекало холодную туманную атмосферу и было нагрето до накала трением, подобно метеору в нашей атмосфере, оставляя за собой светящийся шлейф. Она почти исчезла, и 26 апреля была шестнадцатой звездной величины; но 17 августа она прояснилась до десятой, показав в своем спектре основную полосу туманности без каких-либо признаков приближения или спада. Это было так, как если бы он вышел из одной части туманности, остыл и пронесся через другую часть туманности, сделав газ туманности более светящимся, чем он сам.^[20]

С 1892 года одна Новая Звезда за другой демонстрируют спектр, описанный выше, подобно метеору, несущемуся к нам и оставляющему за собой шлейф, поскольку в этом, по-видимому, и заключается очевидный смысл спектров.

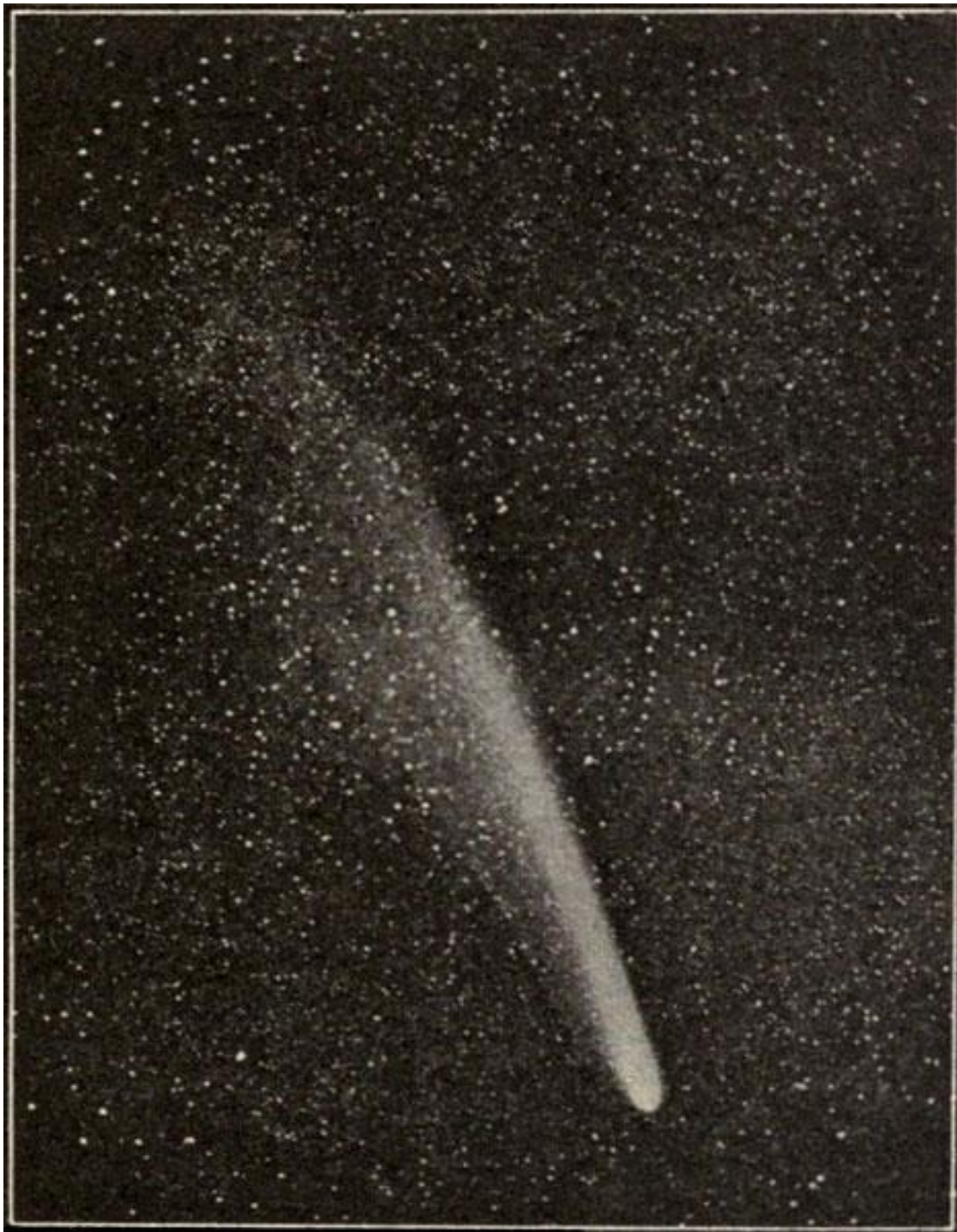
То же самое можно сказать и о блестящей Новой Персее, в лучшем случае более яркой, чем Капелла, и открытой также доктором Андерсоном 22 февраля 1901 года. Его яркость увеличивалась по мере того, как он достигал самой плотной части туманности, затем в течение нескольких недель он менялся на пару величин, вверх и вниз, как будто проходил через отдельные скопления туманности. В феврале 1902 года его все еще можно было увидеть в театральный бинокль. Как и в случае с другими Новыми звездами, когда она впервые врезалась в туманность, она испарилась и дала непрерывный спектр с темными линиями водорода и гелия. На нем не было видно ярких линий в паре с темными, указывающих на оставшийся позади шлейф; но в конце концов его собственная яркость погасла, и преобладал спектр туманности.

Освещение туманности, видимое на фотографиях, сделанных с августа по ноябрь, казалось, медленно распространялось по постепенно увеличивающемуся кругу со скоростью 90 дюймов за сорок восемь дней. Каптейн объяснил это скоростью света: первоначальная вспышка послала свет в туманный газ и осветила сферическую оболочку, радиус которой увеличивался со скоростью света. Это предположение кажется правильным, и в этом случае из приведенных выше рисунков легко можно показать, что расстояние до этой Новой Звезды составляло 300 световых лет.

Звездные каталоги.—Со времен очень точных наблюдений отдельными лицами или обсерваториями было составлено множество звездных каталогов. Монументальная работа Брэдли, можно сказать, возглавляет список. Работа Лакайля в Южном полушарии дополняла его. За Пиацци, Лаландом, Грумбриджем и Бесселем последовал Аргеландер с его 324 000 звезд, каталогом Параматты южного полушария Румкера и постоянными каталогами национальных обсерваторий. Позже Международное астрономическое общество создало свой большой каталог, объединяющий работу многих обсерваторий. Другими южными обсерваториями были обсерватории Гулда в Кордове и Стоуна на мысе Кейп.

После этого у нас новый вылет. Джилл на мысе, наблюдает комету 1882 года.ii. оставшись один в этих широтах, он пожелал, чтобы его друзья в Европе увидели это, и нанял местного

фотографа, чтобы тот прикрепил свою камеру к экваториальной обсерватории, приводимой в движение часовым механизмом, и настроил на комету на глаз. Результат при получасовой выдержке был хорошим, поэтому он попробовал три часа. Результатом стала такая демонстрация четких изображений звезд, что он разрешил их на Cape Photographic Durchmusterung, которая через четырнадцать лет, с помощью Каптейна в уменьшении, была завершена. Тем временем братья Генри из Парижа были заняты изучением зодиакальных звезд Чакорнака и собирались составить каталог части Млечного Пути, что было серьезной работой, когда они увидели фотографию кометы Джилла и загорелись идеей выполнить остальную часть своей работы с помощью фотографии. Гилл ранее написал адмиралу Мушезу из Парижской обсерватории и объяснил ему свой проект составления карты неба фотографическим способом путем объединения работы многих обсерваторий. Это побудило адмирала Мушеза поддержать братьев Генри в их плане.^[21] Гилл, начав свою собственную фотографическую работу, предложил составить международную астрографическую карту, материалы для различных зон которой должны быть предоставлены обсерваториями всех стран, каждая из которых оснащена аналогичными фотографическими телескопами. На конференции в Париже в 1887 году было принято решение об уменьшении звездной величины на картах до четырнадцатой, а в каталогах - до одиннадцатой.



ВЕЛИКАЯ КОМЕТА, НОЯБРЯ. 14-е, 1882. (2 часа выдержки. 20м.)

С любезного разрешения сэра Дэвид Гилл. На основе этой фотографии были созданы все звездные карты.

Эта монументальная работа близится к завершению. Потребовался огромный труд, и требовалось высочайшее мастерство для разработки инструментов и методов считывания положения звезд с табличек.

Затем у нас есть коллекция фотопластинок Гарвардского колледжа, которая всегда пополняется автоматически; и приложение к ним в Арекипе в Перу.

Такие каталоги различаются по степени точности; были составлены фундаментальные каталоги стандартных звезд. Они требуют расширения, поскольку дифференциальные методы гелиометра и камеры иначе нельзя сделать абсолютными.

Число звезд вплоть до четырнадцатой звездной величины можно принять примерно за 30 000 000; а количество всех звезд, видимых в самые большие современные телескопы, вероятно, составляет около 100 000 000.

Туманности и звездные скопления.—Наши знания о туманностях на самом деле восходят ко временам У. Гершеля. Осматривая небеса с помощью своих гигантских телескопов, он открыл в этом направлении новую отрасль астрономии. Одно время он считал, что все туманности могут быть скоплениями бесчисленных мельчайших звезд, расположенных на большом расстоянии. Затем он распознал различные классы туманностей и убедился, что в космосе существует широко рассеянная "светящаяся жидкость", хотя многие так называемые туманности можно было разглядеть в большие телескопы как звезды. Он считал, что Млечный Путь - это большое звездное скопление, о форме которого можно судить по многочисленным измерениям звезд. Он предположил, что компактные "планетарные туманности" могут указывать на стадию эволюции от диффузных туманностей, и что его классификации на самом деле указывают на различные стадии развития. Подобные рассуждения, подобные рассуждениям древних о солнечной системе, могут быть вредны для истинного прогресса знаний, если только они не находятся в руках самых способных физиков-математиков; а Гершель нарушал их принципы в других направлениях. Но здесь его предположения привлекли большое внимание и, с изменениями, приняты, по крайней мере, в качестве рабочей гипотезы, значительным числом людей.

Когда сэр Джон Гершель расширил исследования своего отца на Южное полушарие, он также пришел к убеждению, что некоторые туманности представляют собой фосфоресцирующее вещество, распространяющееся в пространстве подобно туману.

Затем его взгляды изменили откровения, связанные с великими открытиями лорда Росса с его гигантским рефрактором,^[22] когда одна туманность за другой превращалась в скопление мельчайших звезд. В то время утвердилось мнение, что с увеличением телескопической мощности это будет иметь место со всеми туманностями.

В 1864 году все сомнения были развеяны Хаггинсом^[23] в его первом исследовании спектра туманности и последующем распространении этого наблюдения на другие туманности; таким образом, был проведен определенный тест, который увеличение размеров телескопов никогда бы не дало. В 1864 году Хаггинс обнаружил, что все настоящие туманности дают спектр из ярких линий. Три из них связаны с водородом; две (открытые Коуплендом) - линии гелия; остальные неизвестны. В спектре туманности Ориона было сфотографировано пятьдесят пять линий. Кажется вполне очевидным, что все настоящие туманности газообразны и имеют почти точно такой же спектр.

Другие туманности, и особенно белые, подобные туманности Андромеды, которые еще не были преобразованы в звезды, показывают непрерывный спектр; другие зеленоватые и не дают линий.

Химику предстоит проделать огромную работу, прежде чем астроном сможет с уверенностью делать выводы на основе определенных фрагментов своих спектроскопических данных.

Свет туманностей удивительно активен, так что фотография обладает особенно тонким полем для выявления деталей, незаметных в телескоп. В 1885 году братья Генри сфотографировали вокруг звезды Майя в Плеядах спиральную туманность длиной 3 фута, такую же яркую на снимке, как и сама эта звезда, но совершенно невидимую в телескоп; а четырехчасовая экспозиция выявила другую новую туманность в том же районе. Этот кропотливый и наиболее внимательный наблюдатель, Барнард, с 10-часовой экспозицией расширил эту туманность на несколько градусов и обнаружил к северу от Плеяд огромную рассеянную туманность в области, почти лишенной звезд. Установив 10-дюймовый прибор на высоте 6000 футов, Барнард обнаружил широкое распределение туманности в созвездии Скорпиона на пространстве в 4 или 5 квадратных градусов. Барнард утверждает, что “небулярная гипотеза” была бы убита при ее рождении знанием этих фотографий. Позже он использовал еще более мощные инструменты и расширил свои открытия.

Связь звезд с планетарными туманностями и распределение туманностей в небесах, особенно по отношению к Млечному Пути, являются поразительными фактами, которые, несомненно, принесут плоды, когда придет время отбросить смутные предположения и научиться понимать истинную физическую структуру и историю звездной вселенной.

Спектры звезд.—Когда спектроскоп впервые был доступен для исследования звезд, лидерами в этой области астрономии были Хаггинс и отец Секки,^[24] из Рима. Первый начал с того, что посвятил годы работы в основном наиболее точному изучению нескольких звезд. Вторым посвятил годы с 1863 по 1867 год общему обзору всего неба, включая 4000 звезд. Он разделил их на четыре основных класса, которые принесли наибольшую пользу. Половина его звезд принадлежала к первому классу, включая Сириус, Вега, Регул, Альтаир. Характерной особенностью их спектров является сила и широта линий водорода и крайняя тусклость металлических линий. Звезды этого класса кажутся глазу белыми и насыщенными ультрафиолетовым излучением.

Ко второму классу относится около трех восьмых его звезд, включая Капеллу, Поллукс и Арктур. Эти звезды имеют спектр, подобный спектру нашего солнца, и кажутся глазу желтоватыми.

Третий класс включает α Геркулеса, α Ориона (Бетельге), Мира Кита и около 500 красных и переменных звезд. Спектр имеет рифленые полосы, заштрихованные от синего до красного и резко очерченные по более преломляемому краю.

Четвертый класс - небольшой, не содержащий звезд более пятой величины, хорошим примером которого является 152 Schjellerup в Canes Venatici. В этом спектре также есть полосы, но они затенены с фиолетовой стороны и резкие с красной. Они образованы углеродом в той или иной форме. В телескопе эти звезды рубиново-красные.

Таким образом, может показаться, что все звезды являются солнцами с непрерывным спектром, и классы различаются по характеру поглощающих паров их атмосфер.

Весьма вероятно, что после того, как химики научат нас интерпретировать все разновидности спектра, станет возможным отнести различные спектральные классы к разным этапам в истории жизни каждой звезды. Уже есть множество людей, готовых выдвинуть произвольные

предположения относительно уроков, которые можно извлечь из звездных спектров. Некоторые говорят, что они точно знают, что каждая звезда начинается с того, что является туманностью, а затем конденсируется и нагревается за счет конденсации до тех пор, пока не начинает сиять как звезда; что она достигает максимальной температуры, затем остывает и в конце концов гаснет. Они заходят так далеко, что заявляют, что знают, какой класс спектра относится к каждой стадии жизни звезды и как отличить температуру одной звезды от температуры другой, температура которой снижается.

Более осторожные астрономы полагают, что химия недостаточно развита, чтобы оправдать все эти выводы; что до тех пор, пока химики не разрешат недавно поднятый вопрос о трансмутации элементов, ни одна теория не может быть достоверной. Также считается, что до тех пор, пока они не объяснят, не оставляя места для сомнений, причины присутствия одних линий и отсутствия других у любого элемента в спектре звезды; почему дуговой спектр каждого элемента отличается от спектра его искры; каковы все различные изменения, производимые в спектре газа всеми возможными сопутствующими изменениями давления и температуры; также значения всех колебаний в спектрах металлоидов и соединений; и другие не менее важные вопросы — до тех пор, пока не наступит это время, роль астронома заключается в наблюдении. Они говорят, что во что бы то ни стало используйте “рабочие гипотезы”, чтобы придать интерес многолетним кропотливым исследованиям и послужить руководством к дальнейшей работе; но будьте уверены, что не впадаете в ошибку, называя любую простую гипотезу теорией.

Небулярная гипотеза. Небулярная гипотеза, которая была впервые, так сказать, в предварительном порядке выдвинута Лапласом в качестве примечания к его *Системе мира*, предполагает, что Солнечная система представляла собой плоскую туманность в форме диска с высокой температурой и быстрым вращением. При охлаждении он конденсировался, оставляя вращающиеся кольца на разных расстояниях от центра. Предполагалось, что сами они должны конденсироваться в ядро вращающейся планеты, которое при сжатии могло бы снова отбросить кольца, образуя спутники. Это предположение может быть облечено в действительно привлекательную форму, но оно находится в прямом противоречии со многими действительными фактами; и до тех пор, пока оно не одобряется теми, кто хочет сохранить положение астрономии как наиболее точной из наук — точной в своих фактах, точной в своей логике, — это предположение должно быть зафиксировано историком, только так, как он фиксирует догадки древних греков, - как интересный этап в истории человеческой мысли.

Другими гипотезами, преследующими ту же цель, являются метеоритная гипотеза Локьера и планетезимальная гипотеза, получившая широкое развитие в Соединенных Штатах. Лучше всего их можно прочитать в оригинальных статьях для различных журналов, ссылки на которые можно найти в сносках к *"Истории астрономии девятнадцатого века"* мисс Клерк. То же самое можно сказать о гипотезе Бредичина о хвостах комет, книге Аррениуса о приложениях теории отталкивания света, рассуждениях о радиации, происхождении солнечного тепла и возрасте земли, электронной гипотезе земного магнетизма и множестве подобных рассуждений, которые в совокупности проливают интересный свет на эволюцию современного направления мысли, которое, кажется, наслаждается гипотезами, в то же время восстая против той строгой математической логики, которая увенчала астрономию королевой наук.

[1] *Перевод Р. С. филолога.*, 1810 и 1817-24.

[2] Одним из наиболее ценных вкладов в наши знания о звездных параллаксах является результат работы Джилла (*Результаты Саре*, том iii., часть ii., 1900).

[3] Принимая скорость света равной 186 000 миль в секунду, а среднее расстояние до земли - 93 000 000 миль, 1 световой год = 5865 696 000 000 миль или 63 072 астрономических единицы; 1 астрономическая единица в год = 2,94 мили в секунду; и орбитальная скорость Земли = 18,5 миль в секунду.

[4] *Аст. Nacht.*, 1889.

[5] *R. S. Phil. Пер.*, 1718.

[6] Член-корр. Акад. des Sciences, 1738, p. 337.

[7] *R. S. Phil. Пер.*, 1868.

[8] *Перевод Р.С. филолога.*, 1783.

[9] См. Обращение Каптейна к Королевскому институту в 1908 году. Также президентское обращение Джилла к Британской ассоциации, 1907 год.

[10] *Британец. Доц. Респ.*, 1905.

[11] *Р. С. Фил. Пер.*, 1803, 1804.

[12] Там же, 1824.

[13] *Connaissance des Temps*, 1830.

[14] *Воспоминания R. A. S.*, том. xlvii., с. 178; *Аст. Нач.*, № 3,142; Каталог, опубликованный обсерваторией Лик, 1901.

[15] *R. A. S., M. N.*, том vi.

[16] *Р. С. Фил. Пер.*, том. lxxiii., стр. 484.

[17] *Астр. Nach.*, No. 2,947.

[18] *R. S. E. Trans.*, том. xxvii. В 1901 году доктор Андерсон открыл Новую Персею.

[19] *Астр. Nach.*, No. 3,079.

[20] Другое объяснение см. в лекции сэра У. Хаггинса, Королевский институт, 13 мая 1892г.

[21] О ранней истории предложений по фотографической каталогизации звезд см. В *Саре Photographic Durchmusterung*, 3 тома. (*Энн Кейпской обсерватории*, тома iv и v., Введение.)

[22] *Р. С. Фил. Пер.*, 1850, стр. 499 и далее.

[23] Там же, т. cliv., стр. 437.

[24] *Британец. Доц. Респ.*, 1868, с. 165.

ИЛЛЮСТРАЦИИ

СЭР ИСААК НЬЮТОН

(С бюста Рубильяка В Тринити-колледже, Кембридж.)

ХАЛДЕЙСКИЙ ОБОЖЖЕННЫЙ КИРПИЧ ИЛИ ТАБЛИЧКА

с лицевой и оборотной сторон, содержащий запись солнечного затмения 1062 г. до н.э., недавно использованный Коуэллом для придания лунной теории большей точности, чем это было возможно с помощью лучших современных наблюдений. (Коллекция Британского музея, № 35908.)

“ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ ФРЕСКА СИВОГО ТИХОНИКА”.

С портретом Тихо Браге, инструментами и т.д., нарисованными на стене; показаны ассистенты, использующие прицел, смотрящие на часы и записывающие. (Из авторского экземпляра “Астрономического института механики”.)

ПОРТРЕТ Иоганна КЕПЛЕРА.

Работы Ф. Вандерера, из "Иоганна Кеплера" Рейтлингера (Оригинал в Страсбурге).

ПОСМЕРТНАЯ МАСКА СЭРА ИСААКА НЬЮТОНА.

Снято специально для этой работы с оригинала с любезного разрешения Лондонского Королевского общества.

ДРЕВНИЕ КИТАЙСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ,

включая квадрант, небесный глобус и две армиллы, в обсерватории в Пекине.

Сфотографирован автором в Пекине в 1875 году и украден немцами при освобождении посольств союзниками в 1900 году.

ПОВЕРХНОСТЬ СОЛНЦА.

Фотография, сделанная в Королевской обсерватории в Гринвиче, показывает солнечные пятна с тенью, полутенью и факулами.

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ, 1882.

С рисунка У. Х. Уэсли, секретаря Королевской академии наук; показаны протуберанцы, корона и неизвестная комета.

ЮПИТЕР.

С рисунка Э. М. Антониади, показывающего прохождение тени спутника, поясов и “большого красного пятна” (*Ежемесячные уведомления*, R. A. S., vol. lix., pl. x.).

КОПИЯ РИСУНКА, СДЕЛАННАЯ ПОЛОМ ФАБРИЦИУСОМ.

Чтобы определить путь кометы 1556 года. Утерянный на 300 лет, этот рисунок был восстановлен длительными усилиями мистера Хинда и профессора Литтроу в 1856 году.

СЭР УИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ, Ф.Р.С. —1738-1822.

Картина Лемюэля Ф. Эбботта; Национальная портретная галерея, зал XX.

ВЕЛИКАЯ КОМЕТА, ноябрь. 14-е число 1882 года. (Экспозиция 2 часа 20 минут.)

С любезного разрешения сэра Дэвида Гилла. На основе этой фотографии были созданы все звездные карты.